

CSD INGENIEURS SA

Rue de la Jeunesse 1

Case postale


CH-2800 Delémont 1

+41 32 465 50 30

delemont@csd.ch

www.csd.ch

CSD INGENIEURS 
INGÉNIEUX PAR NATURE



Geo-Energie Suisse SA

Centrale de géothermie - Haute-Sorne

Forage exploratoire 2024 - Rapport SER

Delémont, le 20 décembre 2024 / FCH011573

Table des matières

1	Introduction	1
2	Documents de base	2
2.1	Approbations des autorités.....	2
2.2	Documents de base	2
3	Organisation du projet	3
3.1	Intervenants principaux	3
3.2	Calendrier du chantier	3
4	Suivi environnemental durant la phase de forage exploratoire 2024	5
4.1	Préambule	5
4.2	Protection de l'air.....	6
4.3	Protection contre le bruit	7
4.4	Protection contre les vibrations	21
4.5	Protection des eaux.....	21
4.6	Protection des sols	27
4.7	Déchets	29
4.8	Protection de la nature	33
5	Impressum	35
6	Disclaimer	35

Liste des figures

Figure 1-1 :	Plan de situation de la place de forage et situation du chantier (<i>Sources : GES et Géoportail JU</i>).....	1
Figure 3-1 :	Time vs Depth du forage exploratoire GVL-01.	4
Figure 4-1 :	Nuage de vapeur lié aux boues chaudes.....	6
Figure 4-2 :	Torchère mise en place pour prévenir le dégagementt de gaz du sous-sol dans l'atmosphère. ...	6
Figure 4-3 :	Situation des points de mesures de bruit ponctuelles (en vert et en rouge) et des deux stations de mesures en continu (en noir)	8
Figure 4-4 :	Extrait de la documentation technique de la paroi antibruit installée.....	9
Figure 4-5 :	Paroi antibruit en cours de construction en limite Est du site (17 avril 2024)	9
Figure 4-6 :	Stations de mesures en continu n°1 sur le site (à gauche) et n°2 à la ferme des Croisées (à droite)	10
Figure 4-7 :	Illustration de la détermination du seuil de vigilance de 66 dBA à fin mai 2024.....	11
Figure 4-8 :	Illustration des niveaux d'émission au début du gage de la section 2	12
Figure 4-9 :	Illustration des niveaux d'émission au début du gage de la section 3	12
Figure 4-10 :	Evolution des niveaux sonores sur le site (station 1) entre le 9 mai et le 5 septembre 2024.....	13
Figure 4-11 :	Profil illustrant l'effet de la paroi antibruit pour l'habitation de la ferme des Croisées	14
Figure 4-12 :	Détermination des niveaux déévaluation Lr OPB durant la nuit du 23 mai 2024	15

Figure 4-13 : Détermination des niveaux dévaluation Lr OPB durant la nuit du 25 juin 2024	16
Figure 4-14 : Illustration de la variation des basses fréquences (bande 31.5 Hz) à la station n°1, par sauts ou par oscillations	17
Figure 4-15 : Emergence de la bande 31.5 Hz sur le spectre moyen (en haut) et augmentation soudaine de l'intensité durant la matinée du 25 juin (en bas)	18
Figure 4-16 : Illustration des bruits de chocs mesurés à Berlincourt (point n° 5).....	19
Figure 4-17 : Détermination des niveaux dévaluation Lr OPB durant la nuit du 14 août 2024	19
Figure 4-18 : Plan de situation de la place de forage et emplacement des bassins de rétention et de sécurité. 22	
Figure 4-19 : Conductivité [μ S/cm] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire .	23
Figure 4-20 : pH des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire.....	23
Figure 4-21 : Température [C°] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire	23
Figure 4-22 : Turbidité [NTU] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire.....	23
Figure 4-23 : Potentiel redox [mV] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire..	24
Figure 4-24 : Bassin de sécurité avec système de pompage et trop-plein vers les eaux usées (08.10.2024)	25
Figure 4-25 : Eaux irisées, turbides et maronnasses du bassin de sécurité (08.07.2024)	25
Figure 4-26 : Bassin de rétention avec reflet rougeâtre (08.07.2024).....	25
Figure 4-27 : Bassin de rétention au maximum de ses capacités (08.10.2024)	25
Figure 4-28 : Diverses substances nécessitant un stockage sur un bac de rétention (15.07.2024).....	26
Figure 4-29 : Stockage du chlorure de sodium (08.07.2024)	26
Figure 4-30 : Reserve de soude caustique - tuyau débranché et IBC fermé (30.07.2024)	26
Figure 4-31 : Carte présentant les dépôts de sols	28
Figure 4-32 : Stock de sol et place de stockage au Nord fauchés (18.08.2024)	28
Figure 4-33 : Bande herbeuse fauchée au Sud du site (18.08.2024)	28
Figure 4-34 : Bande herbeuse fauchée au Nord du site (18.08.2024).....	29
Figure 4-35 : Bande herbeuse fauchée à l'Est du site (18.08.2024).....	29
Figure 4-36 : Passage des boues sur tamis vibrants	30
Figure 4-37 : Résidus de forage à gros grains dans benne de stockage.....	30
Figure 4-38 : Résidus de forage avec des fines dans benne de stockage	30
Figure 4-39 : Déchets combustibles divers dans benne de tri	31
Figure 4-40 : Déchets de bois dans benne de tri	31
Figure 4-41 : Prélèvement dans les bennes de récupération pour évacuation par camion des déchets de forage (22.07.2024).....	31
Figure 4-42 : Clôture autour du site et barrière à batraciens provisoire	33
Figure 4-43 : Clôture autour du site et barrière à batraciens définitive	33
Figure 4-44 : Eclairage du site la nuit	34
Figure 4-45 : Vu du site depuis un point éloigné	34

Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Organisation du chantier	3
Tableau 3-2 : Phase de réalisation du forage exploratoire GVL-01	3
Tableau 4-1 : Evaluation de l'efficacité de la paroi antibruit pour 12 nuits caractéristiques.....	14
Tableau 4-2 : Suivi physico-chimique des eaux du bassin de sécurité.....	22
Tableau 4-3 : Suivi physico-chimique des eaux du bassin de rétention. Mesures réalisées par le SER.	24
Tableau 4-4 : Élimination et voie de recyclage des boues et cuttings de forage	32

Tableau 4-5 : Analyse des radionucléides dans les boues de forage	32
---	----

Liste des annexes

Annexe A	Rapport visites SER
Annexe B	Annexes bruit
Annexe C	Annexes Eaux
Annexe D	Annexes Déchets

1 Introduction

La société Geo-Energie Suisse AG porte le projet de réalisation d'une centrale géothermique pour la production d'électricité et de chaleur sur la commune de Haute-Sorne (JU). Le projet se fonde sur la technique des systèmes géothermiques stimulés (« Enhanced Geothermal Systems ») (EGS) et sa première étape de réalisation (forage exploratoire) s'est déroulée durant l'été 2024.

Le rapport d'impact sur l'environnement du projet a démontré la nécessité d'un suivi environnemental de réalisation (SER) pour chaque phase du projet.

La phase d'aménagement de la place de forage a fait l'objet d'une première phase de SER et s'est terminé début avril 2024. Le SER a été réalisé par CSD Ingénieurs SA et est détaillé dans un rapport final de suivi environnemental [9].

La phase de forage exploratoire GVL-01 comprenant l'installation de la foreuse, du matériel et des équipes de personnel, le forage et le démontage de la foreuse a fait l'objet d'une seconde étape du SER. Le présent rapport présente les tâches réalisées et les mesures mises en place pour protéger l'environnement lors de cette seconde phase.

La Figure 1-1 montre le plan de situation de la place de forage ainsi que le plan situation du chantier.

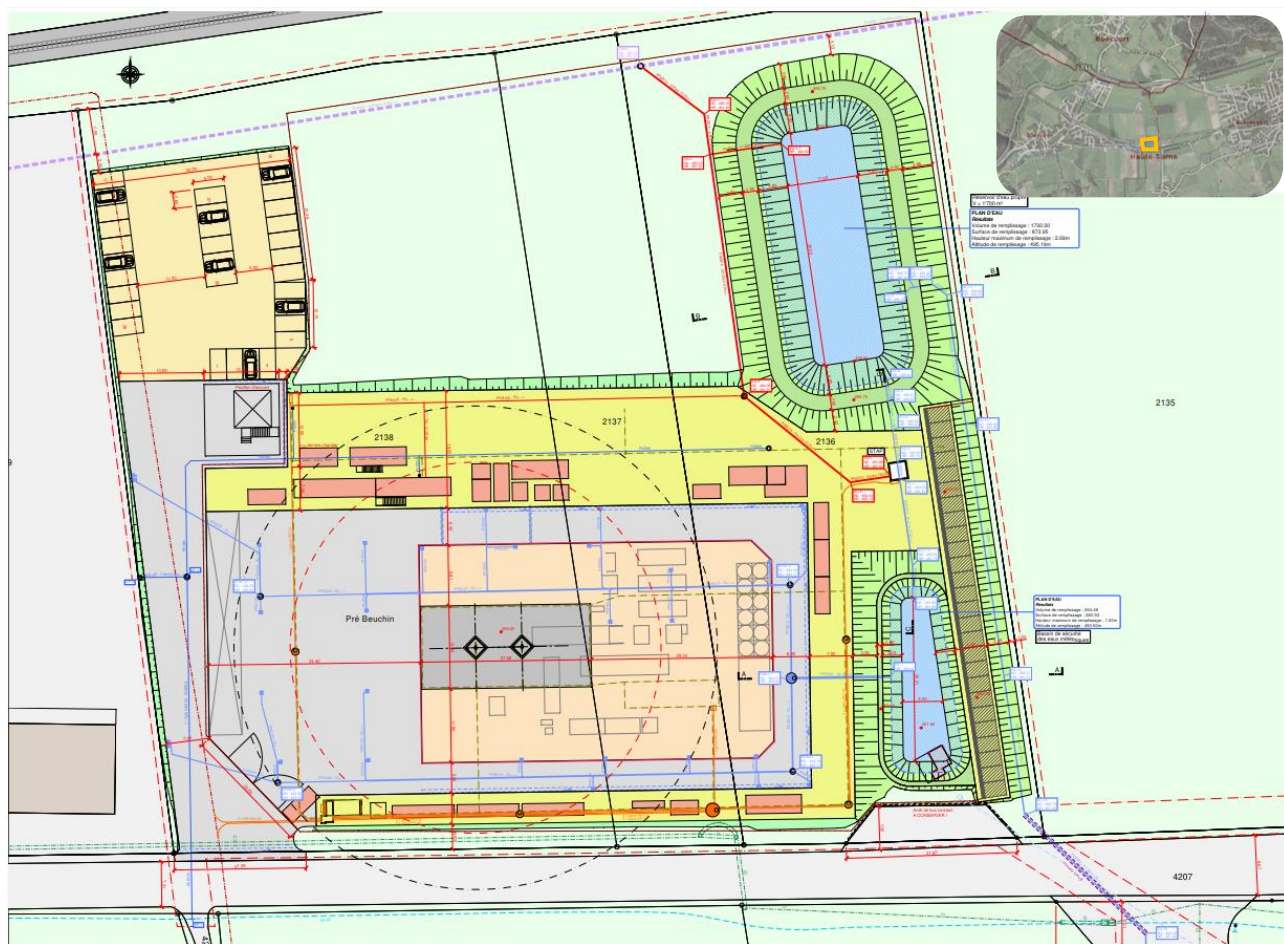


Figure 1-1 : Plan de situation de la place de forage et situation du chantier (Sources : GES et Géoportail JU)

2 Documents de base

2.1 Approbations des autorités

Différents documents d'approbation ont été émis par les Autorités cantonales et communales, dont notamment :

- [1] Office de l'environnement du Canton du Jura (30.03.2015) : Autorisation n°969/2014 – Construction d'une centrale de géothermie – Parcelles n°2136, 2137 et 2138, Rue de la Raisse, Glovelier (commune de Haute-Sorne)
- [2] République et Canton du Jura (02.06.2015) Plan spécial cantonal - Projet pilote de géothermie profonde ;
- [3] RCJU Office de l'environnement JU (29.11.2022) Validation du Cahier des charges pour le Suivi environnemental de réalisation SER ;
- [4] RCJU Office de l'environnement JU (11.10.2023) Validation du Plan de gestion des sols et du Plan d'évacuation des eaux de chantier dans le cadre du Suivi environnemental de réalisation SER.

2.2 Documents de base

Différentes études ont été réalisées et plusieurs documents ont été établis, afin de protéger l'environnement et respecter les exigences légales et les charges fixées par les autorités, durant les travaux, dont notamment :

- [5] MFR (12.05.2014) : Rapport d'investigation technique selon l'OSites ;
- [6] Geo-Energie Suisse (09.07.2014) : Rapport d'impact sur l'environnement pour la construction et l'exploitation d'une centrale géothermique pilote ;
- [7] Geo-Energie Suisse (15.10.2014) : Rapport technique – Projet pilote de géothermie profonde Haute-Sorne ;
- [8] Geo-Energie (02.11.2022) : Cahier de charges du Suivi environnemental de la phase d'exploration du projet de centrale géothermique sur le site de Haute-Sorne ;
- [9] CSD Ingénieurs SA (28.09.2024) : Geo-Energie Suisse SA : Centrale de géothermie – Haute-Sorne. Place de forage - Rapport final - Suivi environnemental
- [10] Bolliger (20.03.2024) : Concept élimination des déchets.
- [11] RED Drilling & Services (19.09.2022): Bohranlagen- und Bohrplatzbeleuchtung

3 Organisation du projet

3.1 Intervenants principaux

Organisation du chantier		
Maître d'ouvrage	Geo-Energie Jura SA	Olivier Zingg, chef de projet André El-Alfy, directeur de forage
Autorités cantonales	Office de l'environnement (ENV)	Quentin Theiler Jean Fernex
Entreprise de forage	RED Drilling & Services GmbH	
Mandataire SER	CSD Ingénieurs SA	Grégoire Monin, responsable du suivi environnemental (RSER) David Lehmann, protection contre le bruit
Mandataire surveillance hydrogéologique	MFR Glologie-Géotechnique SA	Marc Hessenauer, hydrogéologue

Tableau 3-1 : Organisation du chantier

3.2 Calendrier du chantier

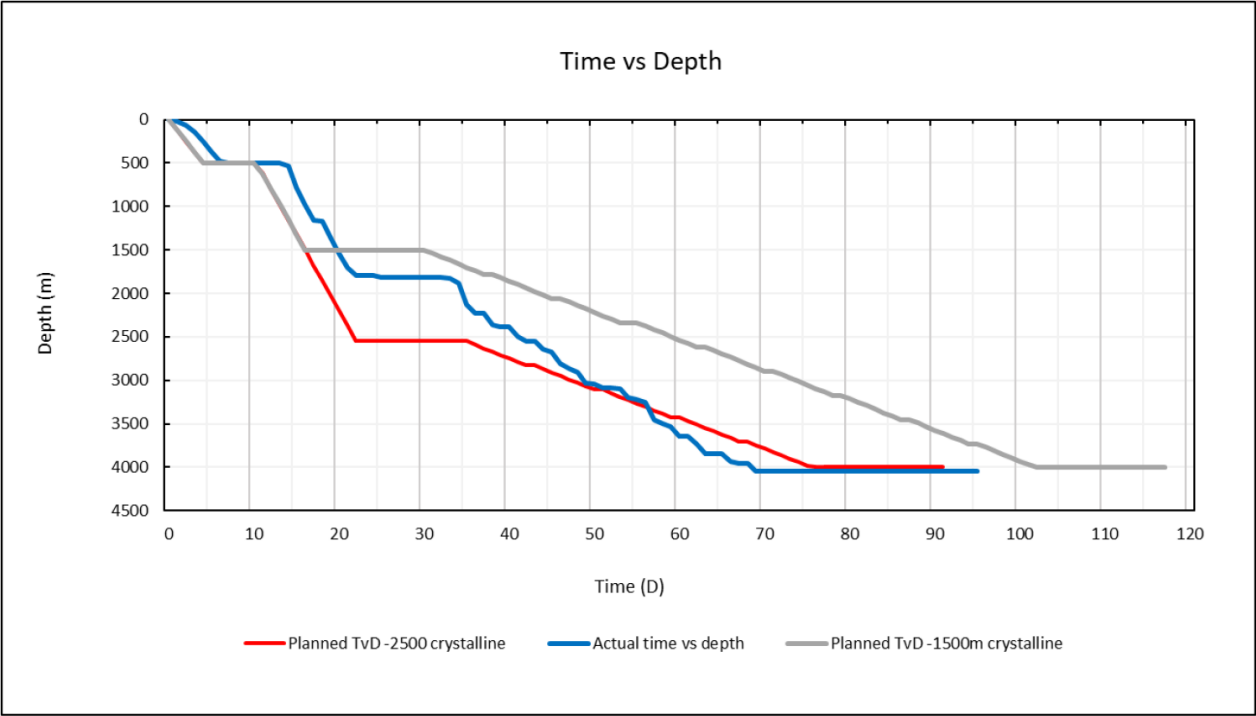
Le chantier du forage exploratoire GVL-01 a débuté le 21 mai 2024 et s'est terminé le 24 août 2024.

La phase de forage a été précédée d'une période de préparation avec le montage de l'installation de forage et de toutes les installations annexes puis suivie d'un démontage et d'une libération de la place.

Les principales étapes de réalisations sont synthétisées dans le tableau ci-dessous et le graphique Time vs Depth de la Figure 3-1.

Dates	Etapes de réalisation
21.05 – 27.05	Forage section 1, diamètre 23", profondeur 0 à 474 m, boue bentonite - polymère
27.05 – 03.06	Mise en place tubage 18 5/8 " et cimentation
03.06 – 14.06	Forage section 2, diamètre 17 1/2 ", profondeur 474 m à 1787 m, boue KCl-NaCl - polymère
14.06 – 23.06	Mise en place tubage 13 3/8 " et cimentation
23.06 – 27.07	Forage section 3, diamètre 12 ¼ ", profondeur 1787 m à 4041.5 m, boue KCl-NaCl - polymères
27.07 – 24.08	Logging, mise en place liner 9 5/8 " et cimentation

Tableau 3-2 : Phase de réalisation du forage exploratoire GVL-01



Time vs Depth (24/08/2024)

Figure 3-1 : Time vs Depth du forage exploratoire GVL-01.

4 Suivi environnemental durant la phase de forage exploratoire 2024

4.1 Préambule

Le rapport d'impact sur l'environnement [7], le plan spécial cantonal [2] ainsi que l'autorisation 969/2014 [1] mettent en lumière les différentes tâches qui incombent au bureau responsable du suivi environnemental en phase de réalisation (SER). Ces charges concernent plusieurs domaines, à savoir :

- ◆ Protection de l'air
- ◆ Protection contre le bruit
- ◆ Protection des eaux
- ◆ Protection des sols
- ◆ Gestion des déchets
- ◆ Protection de la nature

Un total de 12 visites par le responsable SER (RSER) ont été effectuées entre le 22.05.2024 et le 09.10.2024 pour la phase de forage exploratoire. Les rapports de visite sont disponibles en Annexe A.

Le bilan environnemental du chantier est présenté pour chaque domaine dans les chapitres suivants.

4.2 Protection de l'air

Dans le domaine de la protection de l'air, le rapport d'impact sur l'environnement du projet ainsi que le plan spécial requièrent :

- ♦ La mise en œuvre des deux niveaux de mesure de protection de l'air comprenant les exigences de base (niveau « A ») et les mesures préventives spécifiques (niveau « B ») de la Directive Air Chantiers de 2016 ;
- ♦ Point n°19 de l'autorisation cantonale n°969 en matière d'environnement : Toutes les mesures de protection de l'air durant les forages, notamment la prévention des dégagements de gaz issus du sous-sol seront mises en œuvre.

Durant toute la phase de forage exploratoire, les émissions de polluants atmosphériques sont restées limitées : l'essentiel de l'énergie utilisée était électrique, aucune émission de poussières n'a été constatée sur le site et il n'y a pas eu d'émissions de gaz issus du sous-sol. La torchère mise en place (Figure 4-2) n'a pas été utilisée.

Des retombées de poussières, par moments importantes, ont été constatées sur le site mais elles provenaient des installations voisines de Jurasphalte.

Des petits nuages de vapeur d'eau ont pu être observés sporadiquement (Figure 4-1). Ces nuages apparaissent en présence de boues de forage chaudes et n'ont engendré aucune nuisance.



Figure 4-1 : Nuage de vapeur lié aux boues chaudes.



Figure 4-2 : Torchère mise en place pour prévenir le dégagement de gaz du sous-sol dans l'atmosphère.

Les boues chaudes ont en revanche pu générer de légères émissions olfactives sur le site. Des odeurs ont été décelées en étant proche du circuit des boues de forage. Il est par contre très peu probable que ces odeurs aient pu être gênantes dans les alentours de la place de forage.

Durant la phase de forage exploratoire, les travaux ont respecté les charges environnementales dans le domaine de la protection de l'air.

4.3 Protection contre le bruit

4.3.1 Monitoring du bruit - principes

Dans le domaine de la protection contre le bruit, le rapport d'impact sur l'environnement du projet décrit un certain nombre de mesures de prévention (dont la réalisation d'une paroi antibruit) et de contrôle (dont la mesure « Bruit-F7 Mise en place d'un monitoring de bruit ». Par ailleurs, l'autorisation cantonale n° 969 en matière d'environnement contient plusieurs charges en lien avec la protection contre le bruit :

- ◆ n° 22 : les installations fixes de chantier, notamment les installations de forage et de stimulation, respecteront les valeurs limites d'immission (VLI) selon l'annexe 6 de l'OPB pour tous les locaux sensibles au bruit exposés
- ◆ n°23 : une paroi antibruit de 10m de haut sur 65m de longueur sera mise en place entre la place de forage et la ferme des Croisées. Elle sera construite de manière à permettre une bonne atténuation du bruit. Elle sera démontée à la fin des travaux de forage et de stimulation
- ◆ n° 26 : dans le cadre du suivi environnemental de réalisation, un monitoring du bruit sera mis en place avant le début des travaux de forage. Une station de mesure en continu sera installée à proximité de la ferme des Croisées
- ◆ n° 27 : une mesure de réception des installations de forage sera réalisée dès la mise en service de la tour de forage afin de vérifier la conformité des installations et l'adéquation du modèle prévisionnel. En cas de non-conformité, l'exploitation sera immédiatement stoppée et des mesures complémentaires seront étudiées et mises en place avant le redémarrage. Des mesures seront régulièrement réalisées à proximité du chantier, notamment en période nocturne. Sur demande, des mesures de bruit seront réalisées au niveau des locaux sensibles au bruit les plus exposés de manière à contrôler le respect des VLI

Sur cette base, un concept de monitoring du bruit a été établi avant le début du forage et est joint en annexe (document CSD du 8 novembre 2023, approuvé par ENV le 7 février 2024). Il se décline en trois axes principaux qui visent à concrétiser les exigences des autorisations ainsi que les intentions formulées :

- a. Documentation en continu du bruit émis durant toute la phase de forage : au moyen de deux stations de mesure fixes placées à la ferme des Croisées (station n° 2) ainsi qu'à l'intérieur du site (station n°1)
- b. Validation des hypothèses et des niveaux théoriques d'émission de l'installation de forage considérés dans le modèle prédictif de bruit (rapport CSD 2014, actualisé en 2022) : au moyen de la station de mesure en continu n° 2 placée à proximité immédiate des sources de bruit ainsi que par des mesures complémentaires effectuées à proximité immédiate des installations
- c. Contrôle du respect des VLI dans un rayon éloigné : par deux campagnes de mesures des immissions, effectuées en quatre points distants de 500 m environ du site (mesures de courte durée)

Les différents points retenus pour réaliser les mesures de bruit ponctuelles sont reportés à la figure ci-dessous :



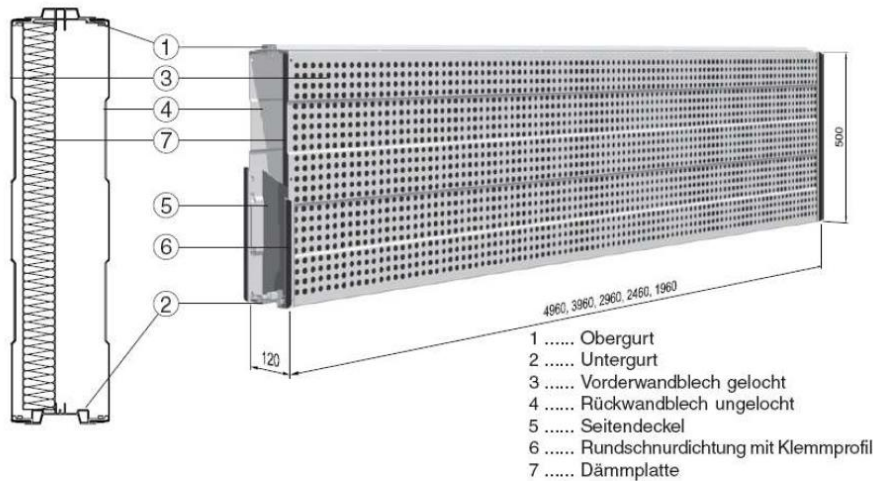
noir)

4.3.2 Paroi antibruit

La paroi antibruit dimensionnée au terme des études sectorielles du Rapport d'impact sur l'environnement 2014 (actualisé en 2022), puis reportée sur les plans d'exécution, a été installée en avril 2024 selon les caractéristiques fixées (10 m de hauteur, 65 m de longueur) et la situation prévue en limite Est du site, en ligne avec la ferme des Croisées. La paroi fournie consiste en des éléments préfabriqués et conçus spécifiquement pour limiter la propagation du bruit (tôle perforée, laine minérale 40 mm).

La paroi a été démontée à la fin des opérations en août 2024, simultanément au repli général des installations de forage.

einseitig hochabsorbierendes Lärmschutzelement



Werkstoff:

Aluminium, Polyester-kunststoffpulverbeschichtet

Beschreibung:

Lärmschutzelement einseitig hochabsorbierend, entsprechend ZTV-LSW 88, Richtlinie DB 800.2001, EN 1793 1-3 und EN 1794 1-2, Ausführung mit Ober- und Untergurt aus stranggepressten Aluminiumprofilen, Vorder- und Rückwand mit zwei Sicken versehen.
Dämmplatte: 40 mm dicke Steinwollmatte, Raumgewicht ca. 100 kg/m³, Vorderseite mit schwarzem Glasvlies abgedeckt (hydrophob).
Seitendeckel aus tiefgezogenem Aluminiumblech, Abdichtung vertikal mit an den Seitendeckeln montierter EPDM-Rundschnurdichtung und Dichtungsklemmprofil aus stranggepresstem Aluminium.
Einbau in Stahlsteher der Reihe HE-160.

Gewicht:

rund 16 kg/m²

Kennwerte:

Kennwert	Schallabsorption			Luftschalldämmung		
	$\Delta L_{A, \alpha, Str}$, dB	DL_{α} , dB	a_w	$\Delta L_{A, R, Str}$, dB	DL_R , dB	$R_w(C;C_{tr})$, dB
	mind. 9	mind. 9	mind. 0,90	25	24	30 (-1;-6)

Figure 4-4 : Extrait de la documentation technique de la paroi antibruit installée



Figure 4-5 : Paroi antibruit en cours de construction en limite Est du site (17 avril 2024)

4.3.3 Stations de mesure en continu

Les deux stations fixes de mesure du bruit ont été installées et activées le 8 mai 2024. Elles étaient constituées de sonomètres intégrateurs DUO 01dB, certifiés par le METAS, au bénéfice d'une alimentation électrique indépendante (panneau solaire et batterie). Le micro a été fixé sur un mât métallique à une hauteur de 4 m.

La situation et les caractéristiques des stations des mesure sont décrites dans les fiches techniques jointes en annexe.

Les données enregistrées étaient transmises à intervalles réguliers vers un serveur distant et étaient consultables en ligne par les tiers autorisés (ENV, SDT, Geo-énergie, RED Drilling).



Figure 4-6 : Stations de mesures en continu n°1 sur le site (à gauche) et n°2 à la ferme des Croisées (à droite)

4.3.4 Analyse et interprétation des données de mesure en continu

Habitation de la ferme des Croisées

Des analyses de détail ont été effectuées à deux reprises pour le point d'évaluation de la ferme des Croisées et ont pris la forme de rapports techniques destinés principalement à l'autorité de surveillance (ENV) :

- ◆ Evaluation du bruit du forage de la section 1 (22 au 27 mai), note de synthèse CSD Ingénieurs SA du 2 juin 2024
- ◆ Evaluation du bruit du forage de la section 3 (dès 24 juin), note de synthèse CSD Ingénieurs SA du 3 juillet 2024

Ces documents sont présentés en annexe. Leurs conclusions principales sont résumées ci-dessous :

- ◆ Au niveau de la ferme des Croisées, l'appréciation doit se faire en absence de bruits autres que celui émanant de la place de forage (trafic routier et ferroviaire, activités agricoles). La période du milieu de la nuit, entre 1h00 et 4h30, a été définie comme référence sur la base des mesures de l'état initial (début mai 2024)
- ◆ Au niveau de la station de mesure n° 2, le niveau sonore mesuré était d'environ 46 dBA entre le 22 et le 27 mai 2024. La suite des mesures de contrôle a révélé que cette séquence (section 1) correspondait à la phase la plus bruyante des opérations de forage

- ◆ Deux nuits particulièrement bruyantes ont été relevées dans la phase de démarrage du forage dans les couches de terrain les plus superficielles, les 23 et 24 mai. Durant ces deux nuits, les exigences fixées concernant l'habitation de la ferme (VLI OPB) n'ont manifestement pas pu être respectées
- ◆ Par la suite, les mesures indiquent que le niveau sonore a clairement diminué et s'élevait à 43 dBA environ au niveau de la station de mesure n° 2
- ◆ Au niveau des locaux à usage sensible au bruit de la ferme (chambre du 1^{er} étage), les niveaux d'évaluation déterminés selon l'annexe 6 OPB étaient de 53 dBA pour la section 1 (à l'exception des deux nuits précitées de 23 et 24 mai), respectivement de 49 dBA pour la section 3. L'objectif fixé a par conséquent été respecté sur ces deux périodes (VLI OPB = 55 dBA).

Pour mémoire, le niveau d'évaluation L_r théorique obtenu par modélisation et mentionné dans l'étude de bruit de 2022 était de 53.9 dBA au niveau de l'habitation de la ferme des Croisées. Les mesures effectives ont montré que le niveau de bruit tendait à être inférieur à ce pronostic. Une explication possible est à chercher dans l'efficacité de la paroi antibruit en limite Est, qui est potentiellement meilleure que celle considérée par le modèle (voir plus bas, appréciation de l'efficacité de la paroi).

Suivi régulier des émissions

Les données de mesures en continu ont fait l'objet d'un suivi régulier par le mandataire SER (consultation des graphiques en ligne au jour le jour), dans l'objectif de s'assurer que les émissions de bruit restaient dans la gamme des valeurs admises et d'identifier d'éventuelles anomalies ou variations inhabituelle des émissions.

A l'appui de ce suivi, une valeur de référence (« seuil de vigilance ») a été déterminée sur la base des indications résultant de l'analyse détaillée de la conformité réalisée dans les premiers temps d'exploitation (notamment rapport CSD du 2.6.2024). A la fin mai (25-27.5), les niveaux sonores mesurés sur le site à la station 1 durant la nuit étaient de 66 dBA. L'analyse a montré que les exigences fixées étaient respectées au niveau de la ferme des Croisées (avec une légère marge). Sur cette base, le niveau d'émission nocturne de 66 dBA à la station 1 a été considéré comme seuil de vigilance pour le monitoring du bruit de l'installation de forage.

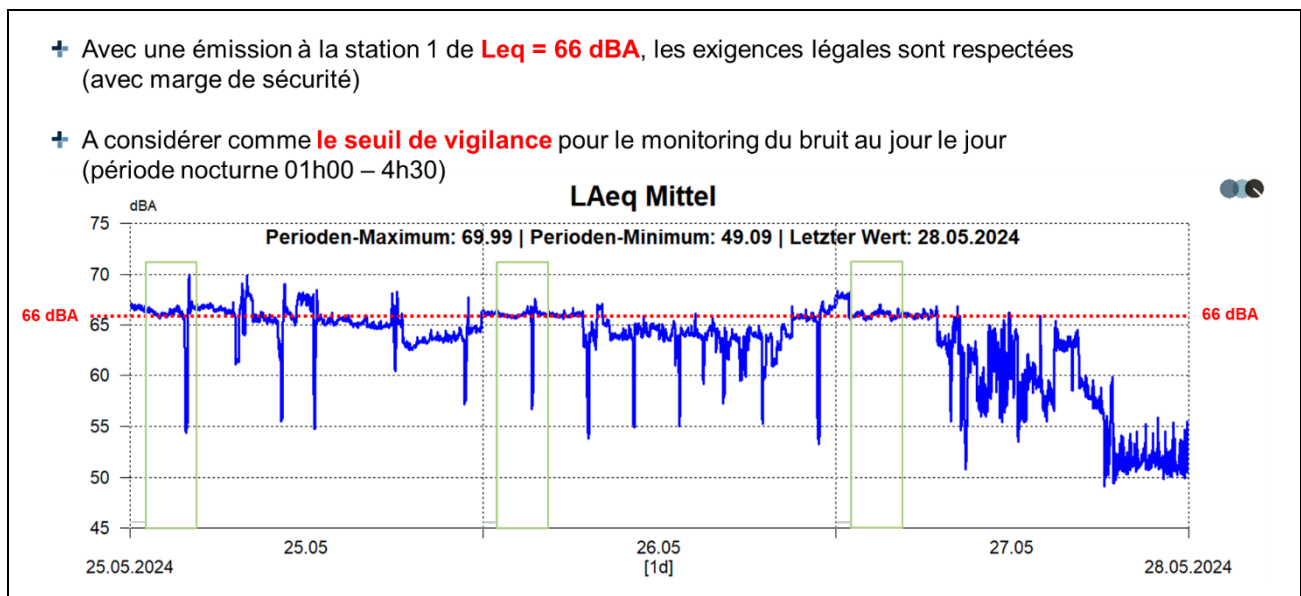


Figure 4-7 : Illustration de la détermination du seuil de vigilance de 66 dBA à fin mai 2024

L'appréciation des niveaux d'émission a été répétée à l'occasion du forage de la section 2 (au début juin 2024) puis de la section 3 (fin juin 2024). Le niveau d'émission durant la période de référence 1h00-4h30 était alors de l'ordre de 60 à 62 dBA (voire inférieur) et n'a plus approché les valeurs observées dans la phase initiale de forage, ni donc le seuil de vigilance de 66 dBA. Ce monitoring tendait ainsi à confirmer que les activités de forage se déroulaient en conformité avec les exigences fixées dans l'autorisation.

+ Evaluation conformité après reprise forage section 2 : appréciation visuelle sur graphique

+ Exemple reprise forage 5.6.2024 : **62.2 dBA → OK**

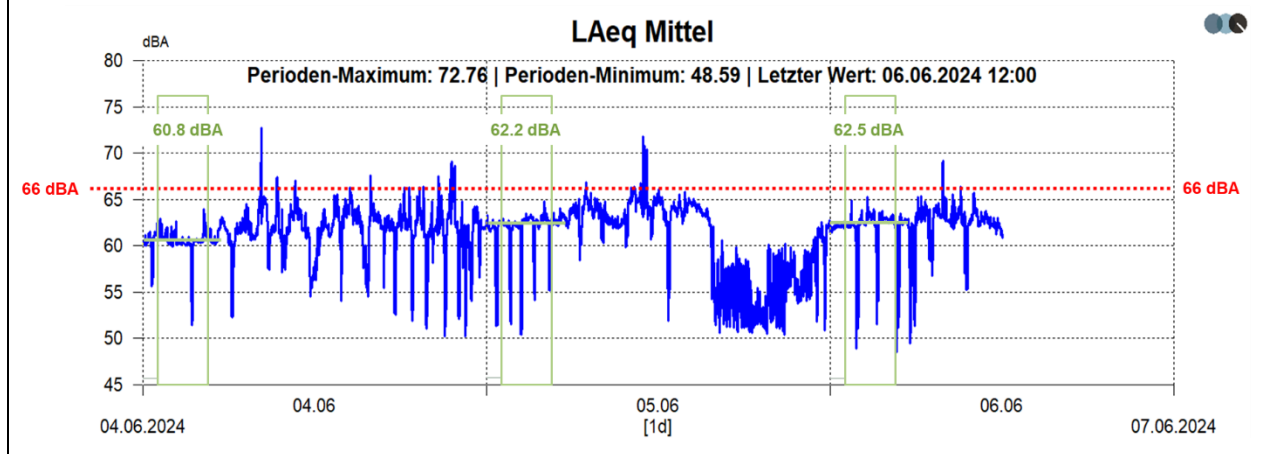


Figure 4-8 : Illustration des niveaux d'émission au début du gage de la section 2

+ Evaluation conformité après reprise forage section 3 : appréciation visuelle sur graphique

+ Exemple reprise forage 23.6.2024 : **62.2 dBA → OK**

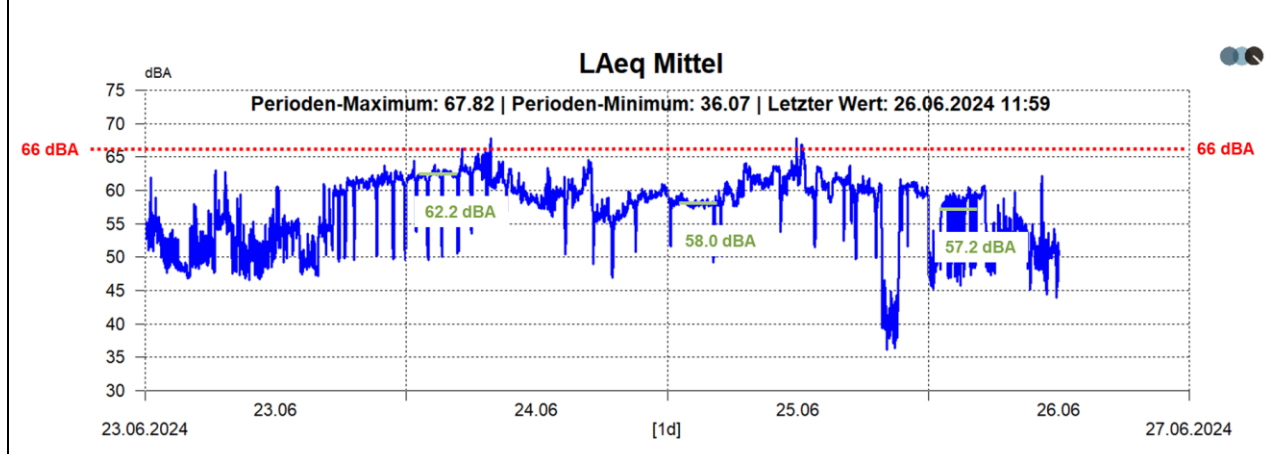


Figure 4-9 : Illustration des niveaux d'émission au début du gage de la section 3

Au terme de cette étape de forage exploratoire, les données de mesures du bruit peuvent être représentées sur la totalité de la période de mai à septembre 2024. Le sonogramme général (à la station 1 sur la place de forage) présenté à la figure suivante fournit encore les indications suivantes :

- ◆ Les étapes de forage des 3 sections se distinguent assez clairement des phases d'activité intermédiaires (sans forage)
- ◆ Les phases de préparation et de démontage sont associées à des niveaux sonores plus faibles mais plus variables dans le temps (logistique, manutentions, circulations internes)
- ◆ L'appréciation visuelle confirme que les niveaux sonores tendent à diminuer avec la progression du forage en profondeur. Une explication tient au fait que le poids propre du train de tiges augmente régulièrement avec l'avancement et réduit d'autant la force verticale à exercer par le top drive pour forer
- ◆ Après la phase de forage initiale, le seuil de vigilance de 66 dBA présenté plus haut n'a plus été atteint, ni même approché, au cours des phases suivantes de travail

L'approche graphique présentée ci-dessous confirme également que les activités de forage se sont déroulées en conformité avec les exigences fixées dans l'autorisation, pour le point récepteur de plus critique de la ferme des Croisées et par déduction également au niveau des zones habitées plus éloignées (voir chapitre 4.3.5).

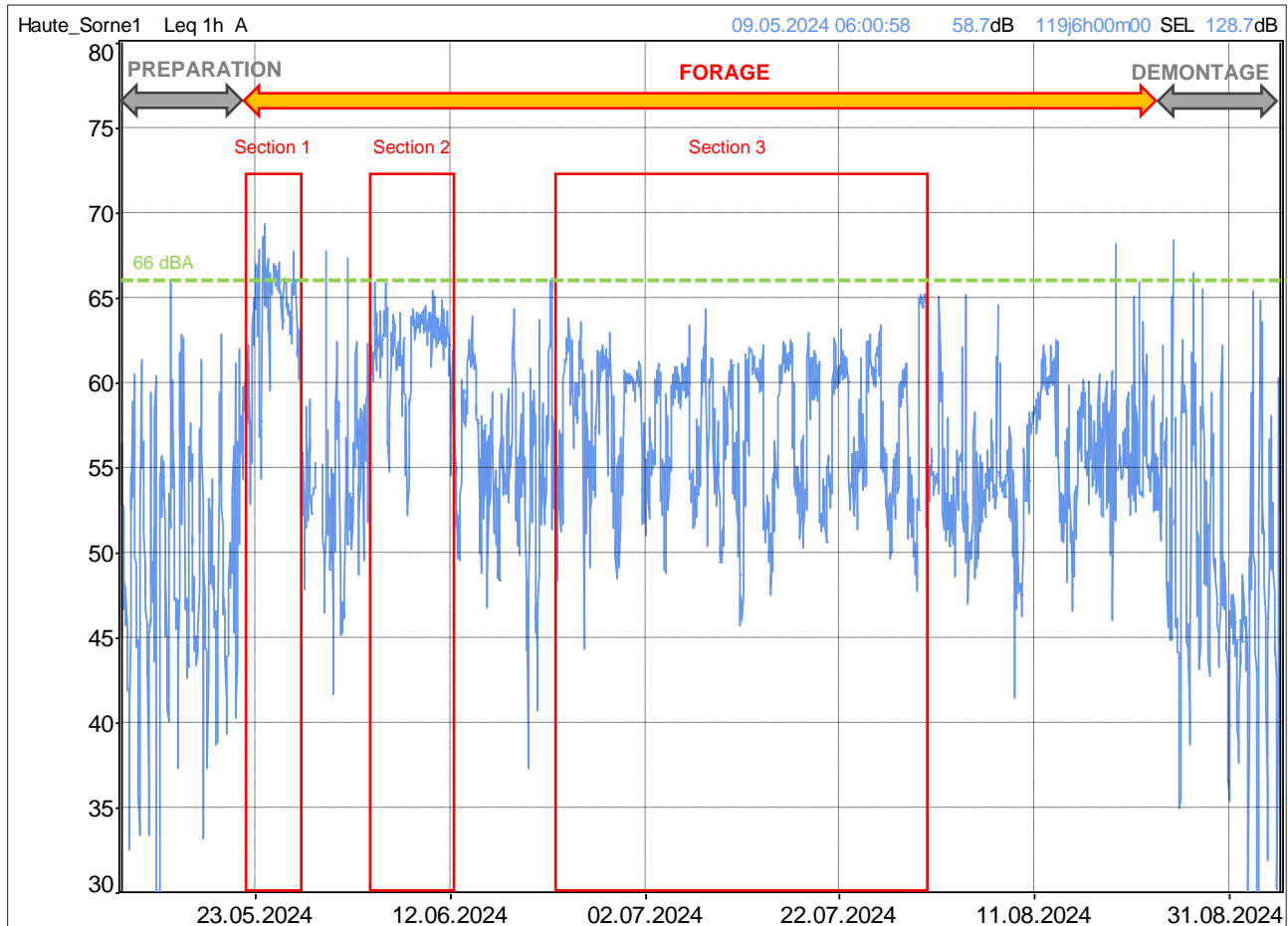


Figure 4-10 : Evolution des niveaux sonores sur le site (station 1) entre le 9 mai et le 5 septembre 2024

Efficacité de la paroi antibruit

Les deux stations de mesures en continu ont été implantées sciemment de part et d'autre de la paroi antibruit. La série de données de mesures du bruit disponible au terme de la phase de forage exploratoire permet de donner une appréciation de l'efficacité de la paroi construite en limite Est de la place de forage.

Une analyse comparative des niveaux sonores mesurés aux deux stations a été effectuée sur un échantillon de 12 nuits (période 1h00 – 4h30) réparties tout au long des travaux entre mai et août 2024. Une correction théorique de l'atténuation géométrique du bruit a été apportée pour permettre la comparaison des données (l'atténuation physique du bruit, sans effet de la paroi, entre les stations 1 et 2 est de 10 dBA environ).

Les valeurs obtenues sont reportées dans le tableau suivant :

Distance source	Station S1	60	m
	Station S2	200	m
Atténuation géométrique		10.5	dBA

Date	Station 1	Station 2	Leq S1 corrigé S2	Différence
période	Site	Croisées	en S2	Eff. paroi
01h00-04h30	Leq [dBA]	Leq [dBA]	Leq [dBA]	Leq [dBA]
24.05.2024	67.0	53.2	56.5	3.3
26.05.2024	65.9	46.4	55.4	9.0
06.06.2024	62.5	44.7	52.0	7.3
10.06.2024	63.6	44.9	53.1	8.2
11.06.2024	63.0	45.5	52.5	7.0
24.06.2024	62.2	42.6	51.7	9.1
25.06.2024	58.0	43.2	47.5	4.3
01.07.2024	59.4	42.8	48.9	6.1
11.07.2024	61.0	46.4	50.5	4.1
22.07.2024	60.7	43.0	50.2	7.2
04.08.2024	61.7	41.5	51.2	9.7
05.08.2024	49.4	38.2	38.9	0.7

Tableau 4-1 : Evaluation de l'efficacité de la paroi antibruit pour 12 nuits caractéristiques

On constate que l'efficacité de la paroi est comprise entre -3 et -9 dBA et peut varier en fonction de l'intensité du bruit et des conditions du moment (bruit de fond, nature du bruit). De manière générale, l'efficacité de la paroi antibruit peut être estimée à -5 ou -6 dBA.

Pour mémoire, la modélisation théorique réalisée en 2022 pour la foreuse RED indiquait une réduction du bruit apportée par la paroi de -4 dBA au niveau de la ferme de Croisées. On peut aujourd'hui déduire des mesures que la construction réalisée présentait de bonnes caractéristiques d'atténuation du bruit et a en ce sens répondu aux objectifs fixés.

A noter que la paroi acoustique porte son efficacité sur les sources les plus proches du sol (tamis, pompes, manutentions diverses, ...). Le bruit produit dans la partie supérieure de la tour de forage (au-dessus d'une hauteur de 12 m environ), notamment par le top-drive, échappe en effet à l'effet d'atténuation de la paroi comme l'illustre la figure suivante :

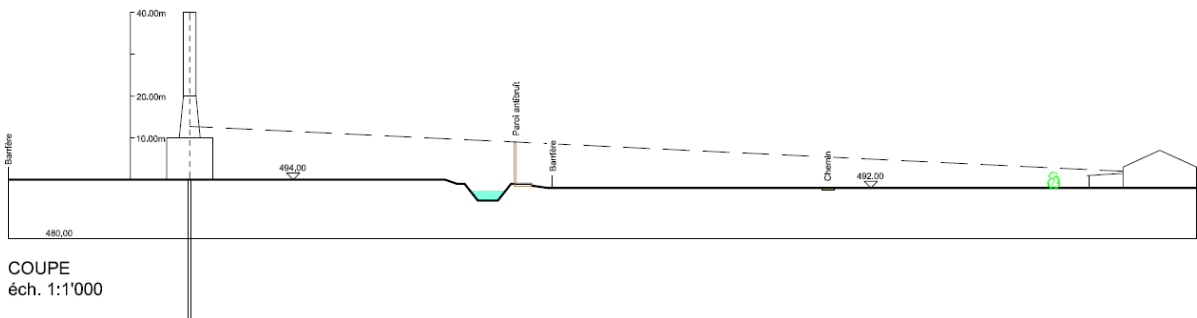


Figure 4-11 : Profil illustrant l'effet de la paroi antibruit pour l'habitation de la ferme des Croisées

4.3.5 Campagnes ponctuelles de mesures du bruit

En application du concept de monitoring du bruit, deux campagnes principales de mesures ponctuelles du bruit ont été réalisées à l'aide d'un sonomètre portable (DUO 01dB, certifié par le METAS) :

- ◆ Dans les premiers temps des travaux de forage : le 23 mai 2024
- ◆ Au début du forage de la section 3 : le 25 juin 2024

Les deux rapports de synthèse découlant de ces campagnes de mesure sont joints en annexes et leurs conclusions principales sont reprises et commentées ci-dessous.

Mesures ponctuelles du 23 mai

Dans cette période initiale (profondeur -150 m environ), la phase de forage était clairement dominante en durée et en niveau sonore (par rapport aux autres phases de transition / roundtrip).

Les mesures nocturnes effectuées sur la place et au niveau des points éloignés, dans les 4 directions cardinales, ont montré que :

- ◆ Les niveaux sonores d'émission Leq étaient d'environ 60 à 63 dBA en périphérie de la place de forage
- ◆ Les niveaux sonores d'immission Leq étaient d'environ 40 à 42 dBA au niveau des quatre points éloignés (environ 500 m, sans correction du bruit de fond)
- ◆ Les niveaux d'évaluation Lr OPB sont compris entre 47 et 50 dBA pour les quatre points d'évaluation retenus. La VLI de 55 dBA était par conséquent clairement respectée, avec une marge de plus de 5 dBA
- ◆ Par analogie, les VLI étaient également respectées au niveau des habitations des villages de Berlincourt, Glovelier et Bassecourt, ainsi qu'à la ferme du Lémont

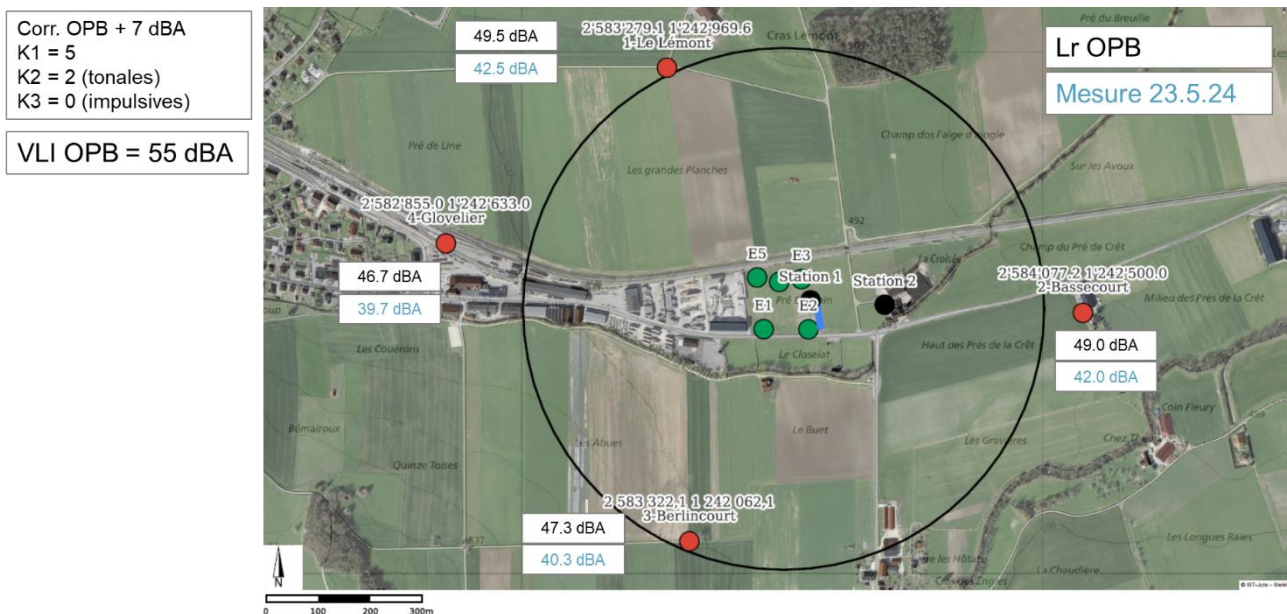


Figure 4-12 : Détermination des niveaux d'évaluation Lr OPB durant la nuit du 23 mai 2024

Mesures ponctuelles du 25 juin

Cette campagne de mesure a été effectuée au début du forage de la 3^e section, à une profondeur de 2'200 mètres environ, et donne un reflet d'une situation bien représentative du bruit émis sur le site durant la période de forage de l'été 2024. La phase de forage était toujours dominante en durée et le bruit perçu à distance pouvait être décrit comme un ronronnement continu, assez régulier, provoqué par la rotation lente de l'outil de

forage (30 à 60 tours par min.). Quelques rares bruits de chocs peuvent s'observer ponctuellement lors du chargement des tiges mais il ne se perçoivent toutefois quasiment pas à l'extérieur de l'enceinte du site.

Les mesures nocturnes effectuées sur la place et au niveau des points éloignés, dans les 4 directions cardinales, ont montré que :

- ◆ Les niveaux sonores d'émission Leq étaient d'environ 60 dBA en périphérie de la place de forage
- ◆ Les niveaux sonores d'immission Leq étaient d'environ 36 à 40 dBA au niveau des quatre points éloignés (environ 500 m, sans correction du bruit de fond)
- ◆ Les niveaux d'évaluation Lr OPB sont compris entre 39 et 47 dBA pour les quatre points d'évaluation retenus. La VLI de 55 dBA était par conséquent clairement respectée, avec une marge de plus de 7 dBA
- ◆ Par analogie, les VLI étaient également respectées au niveau des habitations des villages de Berlin-court, Glovelier et Bassecourt, ainsi qu'à la ferme du Lémont

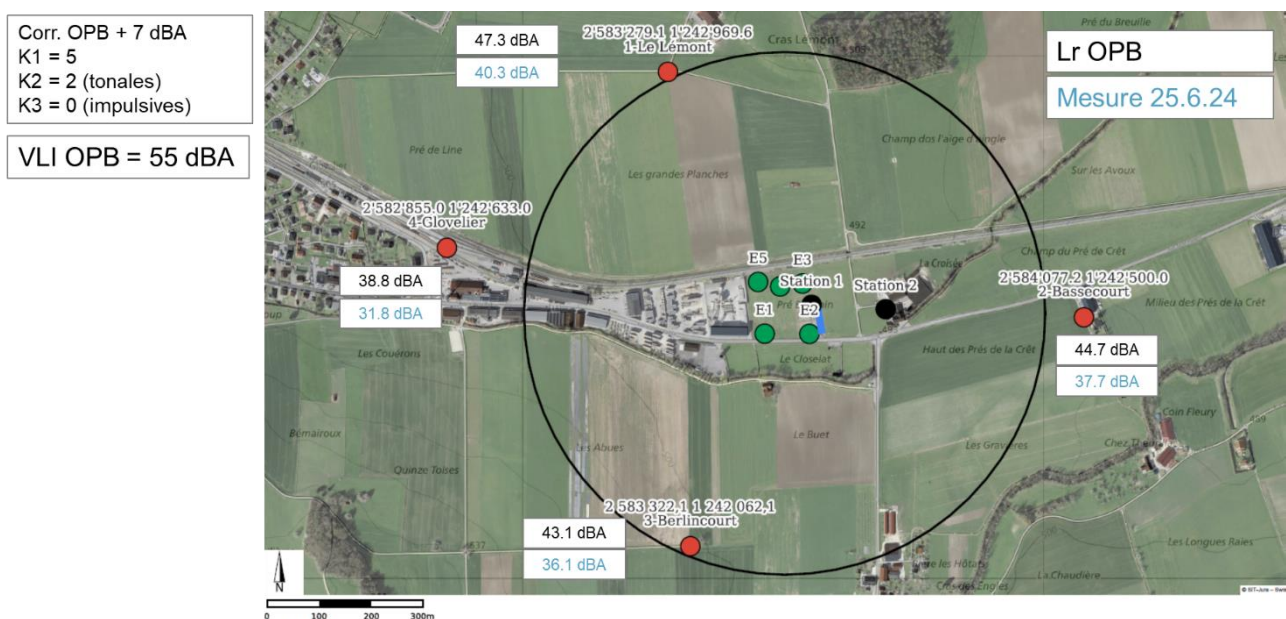


Figure 4-13 : Détermination des niveaux d'évaluation Lr OPB durant la nuit du 25 juin 2024

Synthèse

L'installation de forage ayant été mise en action dans des détails très brefs, sans période de test ni de rodage, il n'a été possible de procéder à des « mesures de réception » sonores comme imaginé initialement dans le concept de monitoring et l'autorisation d'exploitation (pas de possibilité de mesurer de manière différenciée les niveaux acoustiques de chacun des composants bruyants). Les deux campagnes de mesures ponctuelles ont néanmoins fourni des indications utiles pour évaluer la cohérence avec les niveaux sonores théoriques produites par le modèle. Il en ressort que de manière générale, les niveaux sonores mesurés sont proches et cohérents avec les prédictions du modèle. Sur la base des mesures du 25 juin, une nuit qui peut être considérée comme représentative d'une situation moyenne de forage, les différences observées sont de l'ordre de 2 à 3 dBA, ce qui est faible et manifestement situé dans la plage d'incertitude associée aux résultats de la modélisation et aux mesures de terrain.

Les mesures du 23 mai, deux jours après le début du forage, ont en revanche révélé que la phase initiale du forage était associée à des émissions de bruit supérieures à celles du modèle. Ceci a été confirmé par l'analyse a posteriori des mesures de bruit en continu (voir Figure 4-10), qui montre que cette situation était temporaire (quelques jours) et que les niveaux sonores ont clairement diminué par la suite.

Concernant les immissions perçues au niveau des locaux à usage sensible au bruit des villages environnants de Berlin-court, Bassecourt et Glovelier, les résultats indiquent que les niveaux d'évaluation Lr déterminés selon l'OPB ont en tout temps été inférieurs à l'objectif fixé, soit la valeur limite d'immission VLI de 55 dBA de

nuits, avec une marge de plus de 5 dBA. En considérant par ailleurs qu'une certaine marge de sécurité a été conservée au cours de l'appréciation (pas de correction du bruit de fond ni de la durée des phases de bruit par exemple), on peut affirmer avec un niveau de confiance élevé que les exigences fixées dans l'autorisation ont été respectées au niveau des habitations des villages environnants en période nocturne.

4.3.6 Appréciation de cas particuliers

Deux cas particuliers ont fait l'objet d'évaluation spécifiques au cours du forage et sont rapportés ci-dessous. Ils ont été consécutifs à des plaintes transmises par des riverains (ferme des Croisées) ou des habitants de Berlincourt.

Sons de basses fréquences

Dans les premiers jours de forage (dès le 25 mai), plusieurs remarques ont été enregistrées émanant de personnes incommodées par des sons de basse fréquence, en particulier durant les nuits.

Les investigations menées à cette occasion ont permis d'identifier les tamis vibrants comme étant manifestement la source principale de ces émissions caractéristiques. Plusieurs réglages et améliorations techniques ont été apportées par l'exploitant, sans toutefois permettre une élimination complète de cette problématique.

Au cours des réflexions, une hypothèse émise portait sur une transmission des ondes par voie solidienne jusqu'au niveau de la ferme des Croisées. Les mesures réalisées à l'intérieur du bâtiment des Croisées ainsi qu'à Berlincourt le 1^{er} juin 2024 ont invalidé cette hypothèse et n'indiquent aucune évidence de transmission de bruit des tamis par voie solidienne (voir rapport du 2 juin 2024 joint en annexe).

Une expertise par un mandataire externe a également été effectuée spécifiquement sur les tamis (Isol-consult, M. Matthey, intervention du 13.6.2024) mais n'a pas apporté d'élément de réponse clair ni de proposition de mesure d'amélioration évidente.

L'analyse des données de mesures en continu à la station fixe n°1 a révélé que les émissions de basses fréquences ont un comportement irrégulier au cours du temps et sans relation évidente avec les activités menées sur la place de forage (bande de fréquence 31.5 Hz, exemples à la figure suivante).

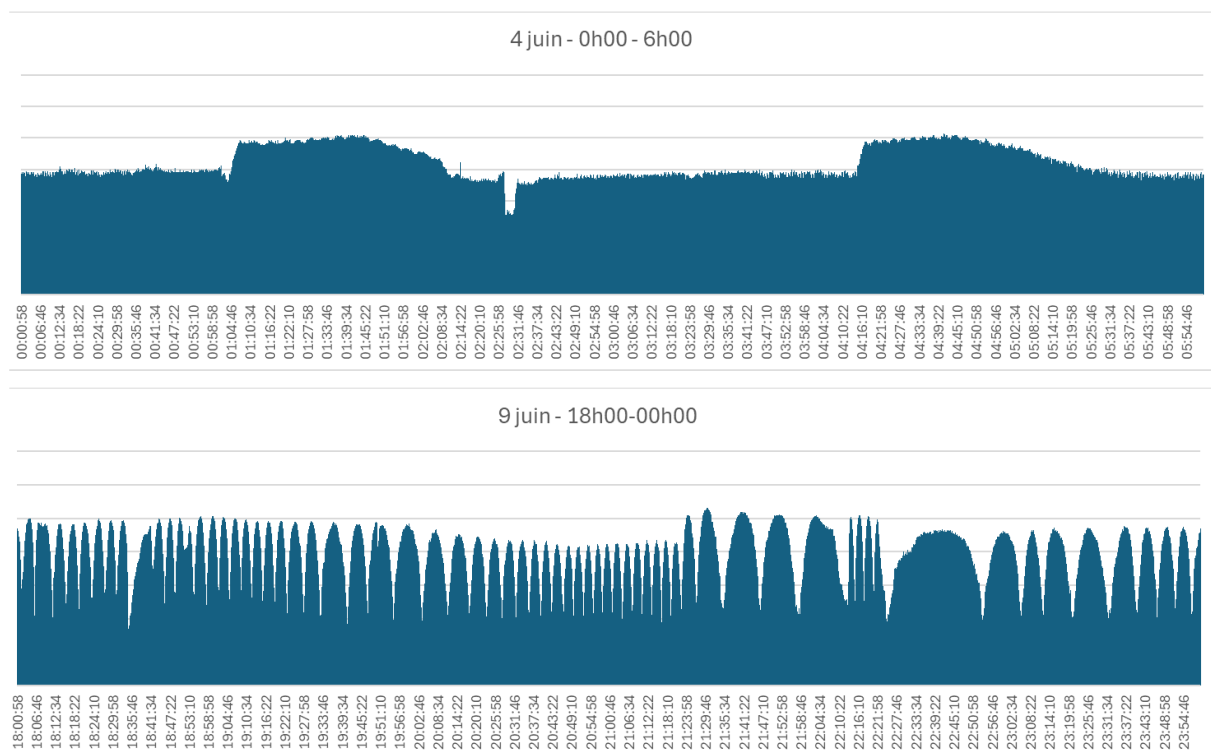


Figure 4-14 : Illustration de la variation des basses fréquences (bande 31.5 Hz) à la station n°1, par sauts ou par oscillations

Une ultime mesure a été effectuée le 25 juin à la suite d'un appel d'une habitante de Berlincourt concernant des émissions de basses fréquences. Si l'émergence de basses fréquences a bien pu être mesurée par la station n°1 sur le site durant la matinée du 25 juin (voir ci-dessous), les mesures complémentaires effectuées sur place à Berlincourt n'ont pas apporté d'élément d'information concret pour comprendre finement la situation et envisager des mesures correctives.

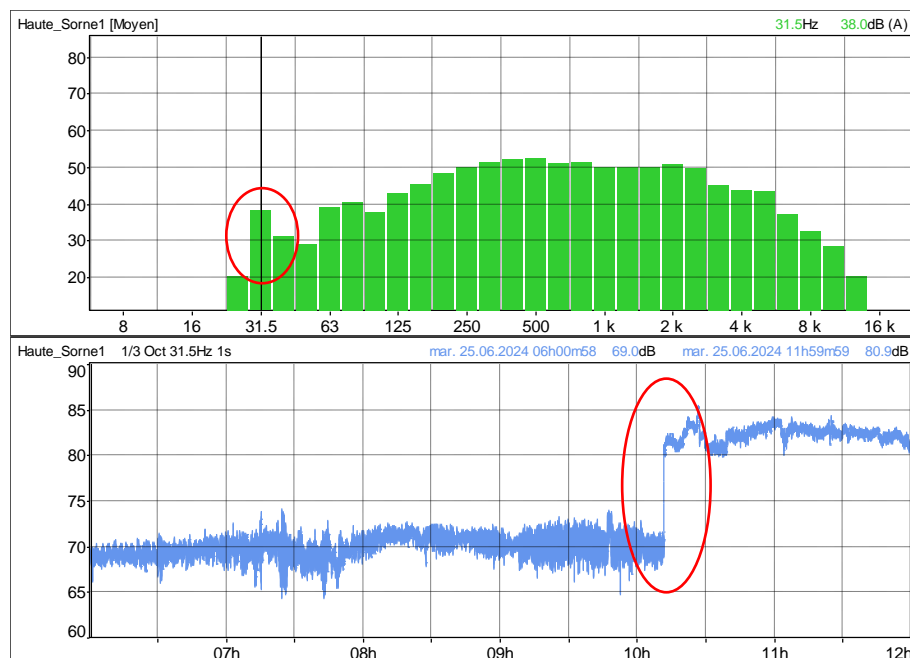


Figure 4-15 : Emergence de la bande 31.5 Hz sur le spectre moyen (en haut) et augmentation soudaine de l'intensité durant la matinée du 25 juin (en bas)

Dans la suite de la période de forage (dès juillet 2024), aucune nouvelle plainte n'a été enregistrée concernant des émissions de basses fréquences.

L'expérience de la phase de forage exploratoire a ainsi révélé que les installations, prioritairement les tamis vibrants, peuvent être la source de nuisances exprimées par certains riverains concernant des sons de basses fréquences (notion de « bourdonnement sourd »). Malgré les investigations menées et les adaptations techniques apportées, il apparaît qu'une émission résiduelle de basses fréquences s'est poursuivie tout au long de l'exploitation, selon un mode irrégulier.

De manière générale, la situation reste à ce jour mal connue et sans explication claire sur la nature et la production de cette gamme de basses fréquences. Il ne ressort des diverses analyses aucune évidence sur la manière d'améliorer la situation et la nature des mesures qui pourraient y contribuer.

Phase finale d'équipement du puits

Lors de la phase d'équipement final du puits, au début du mois d'août 2024, des plaintes ont été enregistrées sur le bruit nocturne de l'installation. Une campagne de mesures ponctuelles a été demandée par ENV et a été organisée durant la nuit du 13 au 14 août 2024. Les résultats et les conclusions sont présentées dans le rapport du 8 octobre 2024 joint en annexe et sont résumés ci-dessous.

A cette date, le forage avait atteint sa profondeur maximale. Les sources de bruit constatées cette nuit-là provenaient principalement des allers-retours verticaux du topdrive (bruit du treuil mais sans le moteur en fonction) ainsi que des opérations de démontage du train de tiges. Les émissions se caractérisaient en particulier par une succession de bruits de chocs métalliques entre les tiges de forage lors de leur rangement sur le rack au sol, à intervalles de quelques minutes, clairement perceptibles depuis le village de Berlincourt en particulier. Cette émergence de bruit de chocs métalliques était manifestement la cause principale de la gêne ressentie par certains habitants. La durée de ces opérations spécifiques n'a toutefois pas excédé quelques jours.

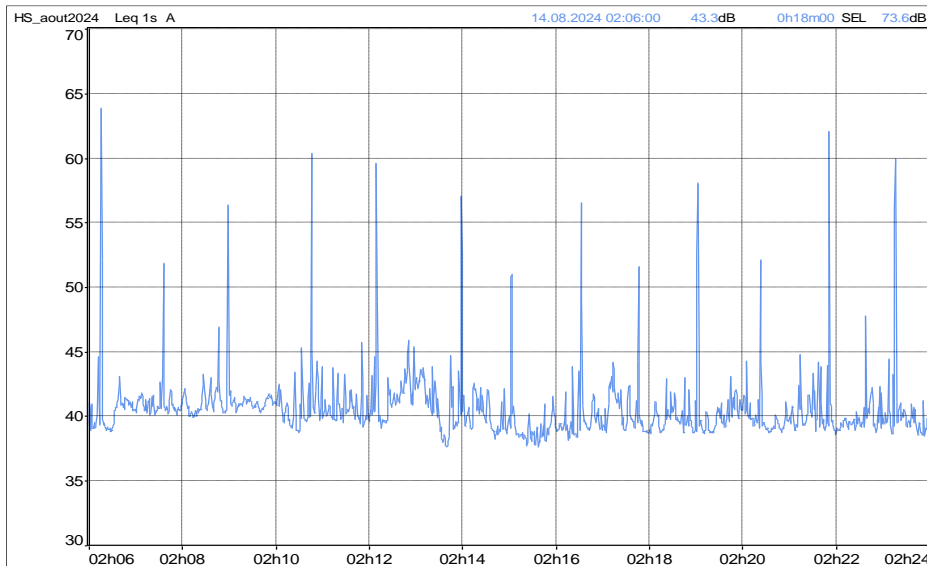


Figure 4-16 : Illustration des bruits de chocs mesurés à Berlincourt (point n° 5)

Les mesures nocturnes effectuées au niveau des points éloignés ont montré que :

- ◆ Les niveaux sonores d'émission Leq étaient d'environ 50 à 55 dBA en périphérie de la place de forage (avec une exception à 75 dBA au point E1 proche du rack de rangement des tiges)
- ◆ Les niveaux sonores d'immission Leq étaient d'environ 35 à 40 dBA au niveau des quatre points éloignés (environ 500 m, sans correction du bruit de fond)
- ◆ Les niveaux d'évaluation Lr OPB sont compris entre 42 et 51 dBA pour les quatre points d'évaluation retenus (avec correction du bruit de fond). La VLI de 55 dBA était par conséquent clairement respectée, avec une marge de plus de 4 dBA
- ◆ Par analogie, les VLI étaient également respectées au niveau des habitations des villages de Berlincourt, Glovelier et Bassecourt, ainsi qu'à la ferme du Lémont

Corr. OPB + 9 dBA
K1 = 5
K2 = 0 (tonales)
K3 = 4 (impulsives)

VLI OPB = 55 dBA

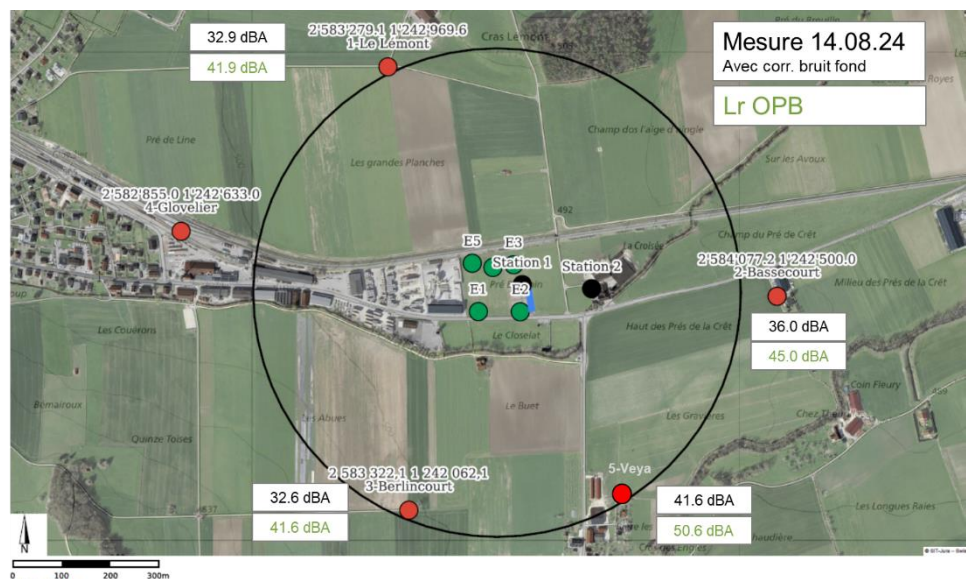


Figure 4-17 : Détermination des niveaux d'évaluation Lr OPB durant la nuit du 14 août 2024

4.3.7 Synthèse et enseignements

Les travaux de forage exploratoire ont fait l'objet d'un suivi spécifique concernant les émissions de bruit sur la place de forage et dans les secteurs habités du voisinage entre mai et septembre 2024. Une des particularités de l'installation découlait de son fonctionnement en continu 24h/24 : la période nocturne a été identifiée dès la phase de planification comme étant la période la plus critique (par rapport aux activités diurnes) et devant faire l'objet d'une attention et d'un suivi spécifique.

L'analyse des données de mesures du bruit (deux stations fixes en continu et mesures ponctuelles) a montré que les exigences fixées dans l'autorisation ont été respectées sur toute la durée du forage. Les niveaux d'évaluation OPB déterminés au niveau des zones habitées des villages voisins de Berlincourt, Glovelier et Bassecourt ont en effet été régulièrement inférieurs, de manière assez nette, à la valeur limite d'immission (VLI) qui constitue la référence dans le cas présent.

L'habitation de la ferme des Croisées, le point récepteur le plus proche et identifié comme critique dès le début de la phase de planification, a été particulièrement exposée au bruit des travaux de forage. L'analyse des données de mesures en continu confirme toutefois que les niveaux d'évaluation sont restés inférieurs à l'objectif fixé et ce durant toute la durée du forage, à l'exception de deux nuits particulièrement bruyantes dans les premiers temps du forage (23 et 24 mai).

La construction d'une paroi antibruit de 10 m de hauteur en limite Est de la place de forage, une mesure planifiée dans le RIE puis ancrée dans l'autorisation, a contribué de manière probante à réduire la propagation du bruit en direction de la ferme des Croisées et à limiter les immissions sonores au niveau exigé. Au final, les niveaux d'évaluation déterminés sur la base des mesures en continu à la ferme des Croisées sont restés légèrement inférieurs aux pronostics de bruit théoriques évoqués dans le rapport d'impact sur l'environnement.

La période de forage exploratoire a été marquée par plusieurs plaintes émanant du voisinage direct de la ferme des Croisées ainsi que d'habitants de Berlincourt principalement. Dans les discussions qui en ont découlé, des éléments de réponse ont été apportés par l'exploitant et par les autorités cantonales, étayés par les résultats de mesures de bruit complémentaires (sonomètre portable). Parmi les différentes revendications mentionnées, deux points semblent avoir provoqué un sentiment de gêne notable pour une partie de la population : les émissions de sons de basses-fréquences, principalement au début de l'activité, ainsi que les bruits de chocs métalliques au démontage du train de tiges (en fin de travaux). Au titre de la limitation préventive des émissions pour des opérations similaires ultérieures, il conviendra d'examiner la possibilité, la pertinence et la proportionnalité de mesures supplémentaires de réduction de ces sources de bruit (voir également les propositions ci-dessous). La limitation des émissions en direction du sud et du village de Berlincourt sera à évaluer prioritairement (par rapport aux autres directions de propagation).

Au terme de l'exercice du forage exploratoire réalisé en 2024, les propositions suivantes sont formulées dans l'objectif de maintenir, voire renforcer, le niveau de protection contre le bruit dans le voisinage à l'occasion d'une campagne de forage ultérieure sur le même site :

- ◆ Engager une installation de forage similaire (en aucun cas plus bruyante)
- ◆ Réitérer l'installation de la paroi antibruit en limite Est, selon un principe et un dimensionnement identique
- ◆ Répéter le monitoring du bruit en continu durant la phase de forage avec les deux stations de mesure fixes, éventuellement en ajoutant un point de mesure en direction du sud (par exemple sur la parcelle 4'211)
- ◆ Etudier et évaluer les améliorations techniques à apporter au système de tamis pour réduire les émissions de basses fréquences
- ◆ Evaluer la pertinence et la possibilité d'aménager un écran acoustique (et visuel) en limite sud de la place de forage (en direction de Berlincourt)
- ◆ Etudier et évaluer les améliorations techniques ou organisationnelles à apporter pour réduire les bruits de chocs produits lors du démontage et du rangement des tiges de forage (rack au sol)

4.4 Protection contre les vibrations

Un monitoring sismique a été mis en place par Geo-Energie Suisse durant les travaux de forage. Un réseau de surveillance sismique est resté opérationnel en continu. Dès 2'000 mètres de profondeur, une surveillance 24h/24 a été réalisée par une équipe de sismologues.

Un réseau d'immission composé de 13 accéléromètres installés dans des entreprises et chez des particuliers a également été mis en place, permettant la réalisation de mesures en continu des vibrations dans les localités environnantes.

Aucun événement sismique induit n'a été détecté durant les travaux.

Ce monitoring sismique fait l'objet d'un rapport spécifique et n'est pas traité plus en détail ici.

4.5 Protection des eaux

4.5.1 Protection des eaux – Principes

Dans le domaine de la protection des eaux, le rapport d'impact sur l'environnement décrit des mesures pour les eaux souterraines ainsi que pour les eaux de surfaces et écosystèmes aquatiques et notamment :

- ◆ « Eaux souterraines-F1 : Suivi des mesures habituelles lors d'un chantier »
- ◆ « Eaux de surface et écosystèmes aquatiques-F1 : Définition et respect des modalités pour une éventuelle utilisation d'eau du Tabeillon »

De plus, l'autorisation cantonale n°969 en matière d'environnement du projet contient diverses charges :

- ◆ n°10 : Les eaux de chantier seront traitées selon leur nature et, si elles sont conformes, évacuées au collecteur d'eaux usées.
- ◆ n°11 : Les mesures techniques permettant d'empêcher la création de communications entre les différentes nappes souterraines traversées seront mises en application avec un soin particulier et sous la surveillance du responsable du Suivi environnemental de réalisation.
- ◆ n°13 : L'avancement de chaque forage comprendra des étapes successives de cimentation de tubes aveugles, de diamètre décroissant, de manière à isoler particulièrement les aquifères présents dans les couches du tertiaire, l'aquifère du Malm et celui du Dogger.
- ◆ n°14 : La mise en place des tubages et les opérations de cimentation seront suivies par un spécialiste dans le cadre du suivi environnemental de réalisation. Des contrôles de l'efficacité et de l'étanchéité de chaque section seront réalisés.
- ◆ n°15 : Un réseau de surveillance hydrogéologique sera mis en place avant le début des travaux de forage et sera exploité au moins deux ans après la fin des opérations de stimulation. L'ENV décidera de l'arrêt ou de la poursuite de la surveillance sur la base du rapport de suivi environnemental.
- ◆ n°16 : Les ressources en eau potable décrites dans l'annexe au Rapport d'impact sur l'environnement relatif aux eaux souterraines feront l'objet d'une surveillance, de même que d'autres sources présentant un intérêt particulier.

Les demandes émises dans les différents documents ont été appliquées durant la phase de forage exploratoire et sont décrites dans les chapitres ci-après.

4.5.2 Aménagements – concept général

Le concept de gestion des eaux développé pour les différentes phases du projet a conduit à l'aménagement de deux bassins spécifiques (Figure 4-18).

Les eaux s'écoulant sur la place de forage étanche sont, dans un premier temps, acheminées dans un bassin de sécurité. En cas de déversement accidentel de substances polluantes sur la place de forage, le bassin de sécurité peut être isolé, une chambre équipée d'une vanne de fermeture a été construite à cet effet. Cas échéant, les eaux peuvent ensuite être pompées et évacuées vers une installation de traitement appropriée.

En situation normale, les eaux de pluie récoltées dans le bassin de sécurité passent par un déshuileur/dessa-bleur puis sont acheminées par pompage uniquement (pas de déversement par gravité) vers :

- Le réseau intercommunal d'eaux usées
- Le bassin servant de réservoir d'eau propre utilisable pour les travaux ultérieurs de stimulation.

Si le bassin de rétention devait être totalement rempli, un trop plein permet d'évacuer les eaux excédentaires vers le Tabeillon.

Dans ce cas de figure, les eaux du bassin de rétention peuvent faire l'objet d'une analyse en laboratoire afin de certifier la qualité des eaux s'écoulant dans le Tabeillon. Si les analyses devaient interdire un déversement des eaux du bassin de rétention dans le Tabeillon, une vanne vers les eaux usées est présente au Nord du bassin.

De plus amples informations sur le fonctionnement des bassins sont disponibles dans le rapport final SER de la place de forage [8].

La Figure 4-18 présente le plan de situation de la place de forage et l'emplacement des deux bassins.

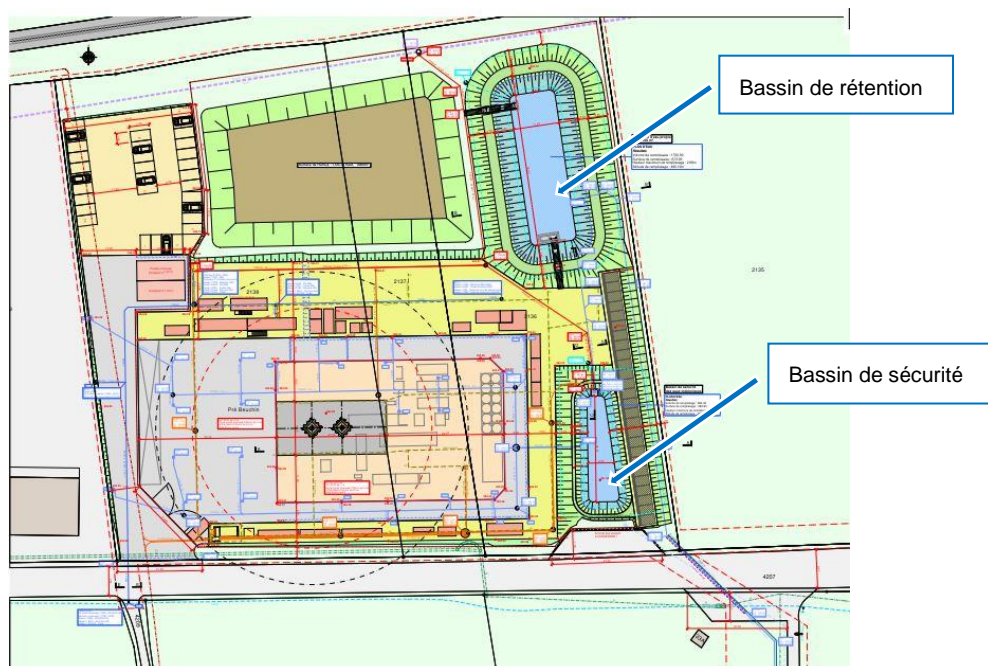


Figure 4-18 : Plan de situation de la place de forage et emplacement des bassins de rétention et de sécurité.

4.5.3 Suivi des eaux à évacuer – mesures en phase de forage

Les eaux se déversant dans le bassin de sécurité depuis la place de forage ont fait l'objet d'un suivi resserré afin d'assurer une gestion conforme des eaux du chantier et éviter tout écoulement d'eau non conforme vers l'environnement, dans le Tabeillon en particulier.

Un suivi physico-chimique des eaux des deux bassins (conductivité, température et pH) ainsi qu'une observation visuelle des eaux (couleurs, turbidité, irisation...) ont été mis en place par le RSER en coordination avec l'entreprise de forage.

Selon l'annexe 3.2 de l'OEaux, pour un déversement des eaux industrielles dans les eaux ou dans les égouts publics, les conditions suivantes doivent être remplies :

- ◆ pH : 6,5 à 9,0 ;
- ◆ Température : maximum 30° C. L'autorité peut autoriser des dépassements minimes, de courte durée, en été

Le détail des mesures effectuées dans le bassin de sécurité par le SER est disponible dans le tableau suivant :

Tableau 4-2 : Suivi physico-chimique des eaux du bassin de sécurité.

Bassin de sécurité				
Paramètres	Conductivité [µS/cm]	Température [°C]	pH	Aspect
08.07.2024	1'284	19.3	7.43	Turbide et maronnasse, traces d'irisation en surface
29.07.2024	1'177	22.3	8.35	Turbide et maronnasse
20.08.2024	802	19.9	8.85	Turbide et maronnasse
28.08.2024(forage terminé)	1'252	27.2	8.51	Turbide et maronnasse
08.10.2024 (place libérée)	73.2	14.6	8.42	Légèrement turbide

Un suivi des paramètres physico-chimiques des eaux du bassin de sécurité a été réalisé durant toute la durée du forage de reconnaissance. Les données du SER (mesures ponctuelles entre les 08.07 et 08.10.2024) et du personnel présent sur site (mesures journalières du 22.05.2024 au 12.08.2024) ont été combinées dans les figures ci-après. Les données brutes sont disponibles en Annexe C.

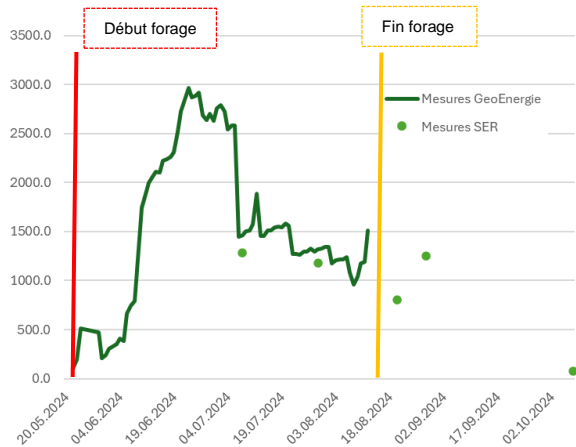


Figure 4-19 : Conductivité [µS/cm] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire

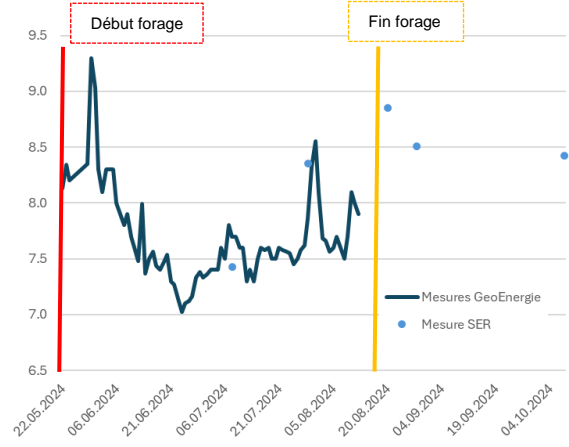


Figure 4-20 : pH des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire

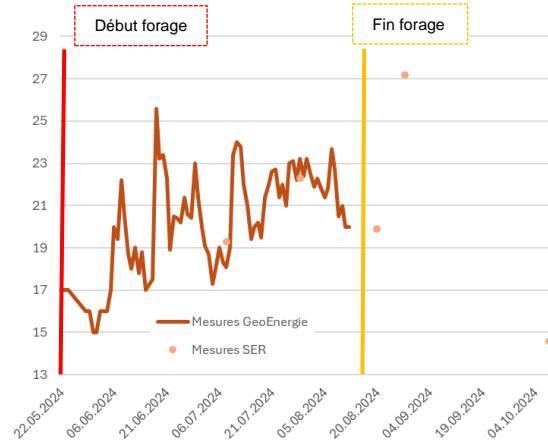


Figure 4-21 : Température [°C] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire

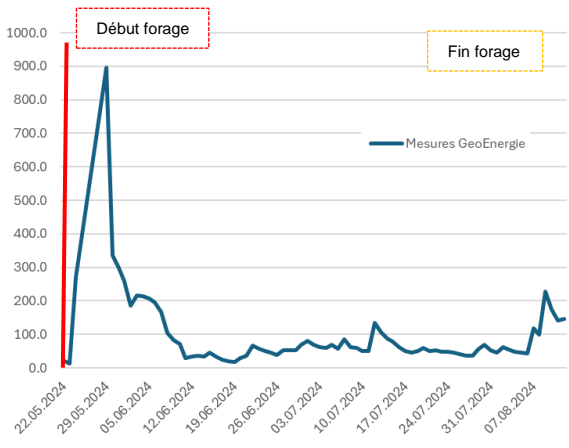


Figure 4-22 : Turbidité [NTU] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire

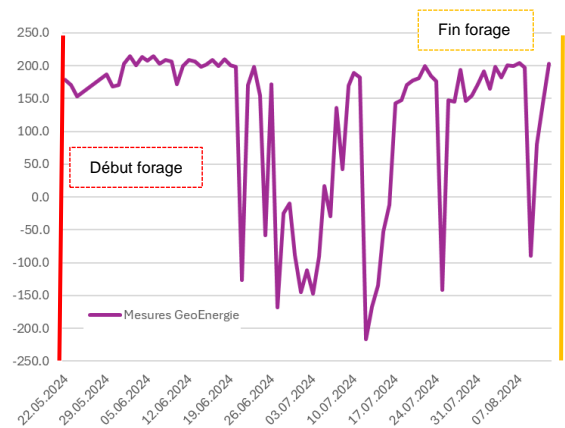


Figure 4-23 : Potentiel redox [mV] des eaux du bassin de sécurité durant la phase de forage exploratoire

Le détail des mesures effectuées dans le bassin de rétention par le SER est disponible dans le tableau suivant :

Tableau 4-3 : Suivi physico-chimique des eaux du bassin de rétention. Mesures réalisées par le SER.

Bassin de rétention				
Paramètres	Conductivité [µS/cm]	Température [°C]	pH	Aspect
08.07.2024	257	22.3	8.58	Légèrement turbide, reflet rouge
29.07.2024	607	25	8.27	Légèrement turbide, reflet rouge
20.08.2024	742	24.9	8.26	Légèrement turbide, verte
28.08.2024 (forage terminé)	687	24.6	8.04	Légèrement turbide, verte
08.10.2024 (place libérée)	459	14.6	7.81	Légèrement turbide, verte

Les résultats des mesures indiquent que les eaux de ruissellement de la place, collectées dans le bassin de sécurité, ont été régulièrement influencées par les activités sur le site. Cela se note en particulier sur les valeurs de conductivité qui soulignent l'utilisation de boues salées dans la deuxième section du forage durant le mois de juin.

Deux épisodes ont nécessité une vidange du bassin de sécurité :

- ◆ Le purinage du site lors d'une manifestation de protestation tenue le 24 mai 2024 a favorisé la prolifération rapide et importante d'algues vertes. Une vidange a été effectuée par une entreprise externe venue pomper les eaux à l'aide d'un camion cureur. Les eaux ont été évacuées du site.
- ◆ L'incident lié aux eaux irisées du 08.07.2024. L'entreprise a indiqué au SER qu'une toute petite fraction de boues de forage avait malencontreusement pu se retrouver dans le bassin. Le SER a conseillé à l'entreprise de vidanger le bassin vers les eaux usées.

Pour le reste des eaux du bassin de sécurité, après passage dans le déshuileur/dessableur, un pompage actionné manuellement en direction du bassin de rétention est initié par une personne sur site.

Durant la phase de forage, aucun déversement vers le Tabeillon n'a été effectué.



Figure 4-24 : Bassin de sécurité avec système de pompage et trop-plein vers les eaux usées (08.10.2024)



Figure 4-25 : Eaux irisées, turbides et maronnasses du bassin de sécurité (08.07.2024)

Concernant le bassin de rétention :

Les valeurs de pH et de températures ne présentent pas d'anomalie.

Les valeurs légèrement hautes de conductivité sont dues aux eaux du bassin de sécurité.

Aucune évacuation vers les eaux usées ni déversement vers le Tabeillon ne s'est produit durant la phase de chantier et les eaux sont restées stockées durant toute la durée du chantier.

La capacité maximale de rétention du bassin a été atteinte début octobre. Compte tenu des paramètres physico-chimiques mesurés lors de la visite du 08.10.2024, le RSER a jugé utile de réaliser des analyses chimiques pour un surversement dans le Tabeillon. Les résultats des analyses se sont révélés conformes selon l'annexe 3.2 de l'O'Eaux et un déversement des eaux dans le Tabeillon a été autorisé.

Les analyses détaillées sont disponibles en annexe C.



Figure 4-26 : Bassin de rétention avec reflet rougeâtre (08.07.2024)



Figure 4-27 : Bassin de rétention au maximum de ses capacités (08.10.2024)

Concernant le Tabeillon :

Les eaux du Tabeillon n'ont pas été utilisées durant cette phase du projet et aucun déversement en direction des eaux superficielles n'a été réalisé.

Aucun incident lié aux bassins n'a été mis en évidence par le RSER ni signalé par l'entreprise.

4.5.4 Substances dangereuses pour les eaux

Le forage d'un puits nécessite l'utilisation de boues afin de garantir la stabilité de l'ouvrage, de refroidir, nettoyer et lubrifier les outils. Cette boue est un mélange des matériaux rencontrés durant le forage, d'eau et

d'additifs. Ces derniers sont adaptés à la géologie ainsi qu'au concept de forage et peuvent avoir un impact plus ou moins important sur les eaux de surface et souterraines. Près de 20 substances ont été stockées sur site et ont été utilisées en tant qu'additifs dans les boues de forage. Le composé majoritaire quantitativement est le chlorure de sodium.

Le document « Additifs boues de forage » disponible en Annexe C met en évidence les dangers liés aux différentes substances pour les eaux, les précautions de manipulation, le type et le mode de stockage à mettre en œuvre ainsi que les quantités présentes sur le site.

La conformité de stockage et l'évaluation du danger pour l'environnement ont été analysés par le RSER à chaque visite.

Durant la visite du 17.06.2024, les représentants cantonaux et le RSER a souligné la non-conformité du stockage de la soude caustique liquide. Bien que placé à l'abri et sur un bac de rétention, un tuyau était en permanence branché au contenant ouvert. Le risque de déversement accidentel sur la place de forage était alors important en cas de fuite sur le tuyau.

En date du 30 juillet, Geo-Energie a indiqué par mail avoir solutionné ce problème, en débranchant le tuyau et fermant l'IBC.



Figure 4-28 : Diverses substances nécessitant un stockage sur un bac de rétention (15.07.2024)



Figure 4-29 : Stockage du chlorure de sodium (08.07.2024)



Figure 4-30 : Reserve de soude caustique - tuyau débranché et IBC fermé (30.07.2024)

Aucun incident lié aux additifs et substance chimiques n'a été mis en évidence par le RSER ni signalé par l'entreprise. La présence de ces substances n'a pas eu d'impact pour l'environnement.

4.5.5 Réalisation du forage et mesures de protection des eaux souterraines

L'autorisation en matière de protection de l'environnement définit certaines mesures « constructives » du puits en lien avec la protection des eaux souterraines. Elle prescrit également que la mise en œuvre de ces mesures sera réalisée sous la surveillance du SER (n° 11 à 14).

Dans les faits, ces mesures liées à la technique de réalisation du forage ont été suivies par les ingénieurs de forage et les entreprises spécialisées mandatées par Geo-Energie. La mise en œuvre de ces mesures et la vérification de la conformité de la réalisation avec les exigences légales et de l'autorisation sortent du cadre du SER. Elles font l'objet d'une documentation spécifique et ne sont pas reprises dans le présent rapport.

4.5.6 Surveillance hydrogéologique

Le bureau MFR a été mandaté afin d'effectuer une surveillance hydrogéologique à l'échelle régionale permettant de vérifier que le projet n'influence pas la qualité des eaux des aquifères régionaux traversés par le forage. Le rapport intermédiaire est disponible en Annexe C.

Cette surveillance prévoit 10 campagnes de mesure entre février 2023 et février 2026, pour 8 captages de source ainsi que 3 puits, dans rayon maximum de 5.5 km autour du site.

La surveillance prévoit des analyses qualitatives :

- ◆ Physico-chimie : dureté totale et carbonatée ;
- ◆ Anions : chlorures, nitrites, nitrates, sulfates, ammonium ;
- ◆ Cations : calcium, potassium, magnésium et sodium ;
- ◆ Métaux : fer et manganèse ;
- ◆ Paramètre organique global : carbone organique total
- ◆ Radionucléides

De plus, des mesures quantitatives sont également conduites avec la mesure des débits dans les sources et de la hauteur d'eau dans les puits.

Depuis le début de la surveillance hydrogéologique, 4 campagnes ont été réalisées les 05.04.2023, 20.07.2023, 15.11.2023 et 17.04.2024. La campagne suivante s'est déroulée après la fin des travaux de forage en novembre 2024. Ces campagnes ont permis de dresser l'état initial du système, avant la réalisation du forage d'exploration.

Dans son rapport du 08.07.2024 (cf. annexe C), le bureau MFR ne fait mention d'aucune anomalie concernant les eaux des sources et des puits.

Avant la phase de forage, un plan d'alarme hydrogéologique a été mis en place. Ce plan d'alarme est déclenché en collaboration avec tous les acteurs du projet en cas de problème lors des travaux de foration et de cimentation dans les formations du Malm et du Dogger. Ce plan est détaillé dans le rapport du 08.07.2024.

Aucun incident particulier ne s'est produit durant le forage à travers les aquifères du Malm et du Dogger (perte de boue ou arrivée d'eau significative). Le plan d'alarme hydrogéologique n'a par conséquent pas dû être mis en œuvre. Aucune campagne de mesures et analyses n'a donc été effectuée en phase de forage.

4.6 Protection des sols

Dans le domaine de la protection des sols, l'autorisation cantonale n°969, en matière d'environnement, du projet faisait mention de plusieurs charges qui ont été mises en œuvre durant l'aménagement de la place de forage [9].

Pendant la phase du forage de reconnaissance, les sols n'ont pas été manipulés et les stocks de sols présents au Nord du site (Cf. Figure 4-31) n'ont pas été impactés par le chantier durant la phase de forage exploratoire. Seuls des travaux d'entretien généraux se sont déroulés (fauche).



Figure 4-31 : Carte présentant les dépôts de sols

Des travaux d'entretien (fauche) des espaces enherbés ont été réalisés mi-août 2024. Cette fauche a été mise en œuvre par une entreprise externe et concernait :

- ◆ Les dépôts de terre ;
- ◆ Les espaces enherbés à l'intérieur du site ;
- ◆ La bande herbeuse propriété de Geo-Energie située à l'extérieur de la clôture au pied de la voie ferrée.



Figure 4-32 : Stock de sol et place de stockage au Nord fauchés (18.08.2024)



Figure 4-33 : Bande herbeuse fauchée au Sud du site (18.08.2024)



Figure 4-34 : Bande herbeuse fauchée au Nord du site (18.08.2024)



Figure 4-35 : Bande herbeuse fauchée à l'Est du site (18.08.2024)

Les détails concernant la manipulation des sols durant la création de la place de forage sont disponibles dans le rapport final SER de la place de forage [8].

Les sols et les stocks de sol présents sur le site n'ont pas été impactés par le chantier de forage exploratoire.

4.7 Déchets

4.7.1 Gestion des déchets – Principes

Dans le domaine de la gestion des déchets, le rapport d'impact sur l'environnement décrit des mesures avec notamment :

- ◆ Déchets-F1 : Suivi de la qualité des boues de forage et autres déchets par un spécialiste et détermination des filières d'élimination appropriées.
- ◆ Déchets-F2 : Les additifs utilisés dans les boues de forages comprennent un minimum d'impuretés.
- ◆ Déchets-F3 : Elimination des boues en fin de forage – contrôle de la qualité des eaux / prétraitement des eaux avant leur rejet aux eaux usées.

De plus, l'autorisation cantonale n°969, en matière d'environnement et les prescriptions du plan spécial contiennent diverses charges :

- ◆ n°30 : Les déchets de chantier et de forage seront traités conformément aux articles 23 et 25 de la loi sur les déchets
- ◆ Art 27.1 et 33.1 PS : Un suivi de la qualité des boues de forage, des filières d'élimination et autres déchets, est assuré par un spécialiste (Boues et eaux de forage, radioactivité naturelle).
- ◆ Art 27.2a PS : Les additifs utilisés dans les boues de forages comprennent un minimum d'impuretés.
- ◆ Art 27.3 PS : Lors de l'élimination finale des boues de forage, un contrôle de leur qualité est réalisé en vue de la détermination de la filière d'élimination.

Les demandes émises dans les différents documents ont été appliquées durant la phase de forage exploratoire et sont décrites dans les chapitres ci-après.

4.7.2 Déchets produits sur site

Plusieurs types de déchets ont été générés durant la phase de forage exploratoire :

- ◆ Déchets liés au forage :

- Boues de forage (partie fine). L'additif le plus utilisé dans les boues est le sel ($\text{NaCl} + \text{KCl}$), utilisé en particulier pour la section 2. Les boues sont donc séparées en 2 groupes, avec et sans sel (Cf. chapitre 4.5.4) ;
- Cuttings (débris de forage présents dans les boues). Les cuttings sont donc séparés en 2 groupes, avec et sans sel ;
- Boues de ciment (ciment excédentaire lié à la cimentation des différentes sections du puits de forage).

Les déchets composés d'un mélange de boues et de cuttings sont stockés dans des bennes après le passage sur des tamis vibrants afin d'être triés et séparés en fonction de la granulométrie. Les boues de ciment sont placées dans une benne séparée avant élimination. Il n'y a pas eu d'eau générées par le forage.



Figure 4-36 : Passage des boues sur tamis vibrants



Figure 4-37 : Résidus de forage à gros grains dans benne de stockage



Figure 4-38 : Résidus de forage avec des fines dans benne de stockage

- ◆ Autres déchets : Plastiques, bois, cartons, autres déchets...

Les autres déchets étaient stockés dans des bennes de tri présentes sur le site.



Figure 4-39 : Déchets combustibles divers dans benne de tri



Figure 4-40 : Déchets de bois dans benne de tri

4.7.3 Plan d'élimination des déchets de forage, lavage et recyclage

L'entreprise Bolliger a été mandatée par RED Drilling & Services pour l'élimination des déchets de forage. Un plan d'élimination des déchets [10] a été rédigé et comprend les procédés de récupération, les quantités estimées ainsi que les filières de traitement puis de valorisation pour chacune des trois catégories mentionnées ci-dessus.

Les procédures de récupération des boues de forage et de ciment ainsi que des cuttings ont suivi le plan d'élimination des déchets. Les déchets étaient évacués par camions puis transportés jusqu'au site de VITO Recycling à Pery-la-Heutte ou de Bolliger +Co (site de Granges ou d'Aarberg) pour être lavés dans des installations agréées pour le traitement de déchets de forages. Aucun contrôle de qualité des déchets n'a été réalisée avant évacuation car aucune vérification n'était nécessaire pour l'acceptation dans les installations de lavage.

Cette solution a permis d'assurer une gestion des déchets conforme à l'OLED sur des sites dédiés et aucune opération autre que du transbordement n'a été effectuée sur le site du forage. Par ailleurs, elle a permis une valorisation totale des matières solides récupérées : Les résidus de lavage ont été valorisés de la façon suivante :

- ◆ Boues fines : valorisation en cimenterie comme composant du ciment ;
- ◆ Sable et gravier fin : valorisation en centrale à béton pour la fabrication de béton maigre.



Figure 4-41 : Prélèvement dans les bennes de récupération pour évacuation par camion des déchets de forage (22.07.2024)

Le résumé des quantités évacuées pour recyclage est disponible par période dans le tableau suivant et détaillé dans l'annexe D :

Tableau 4-4 : Élimination et voie de recyclage des boues et cuttings de forage

	Quantité de boues évacuées <u>avec</u> sel [to]	Quantité de boues évacuées <u>sans</u> sel [to]	Cuttings <u>avec</u> sel [to]	Cuttings <u>sans</u> sel [to]	Boues de ciment [to]
22.05.2024 - 29.05.2024	/	223	/	268	92
31.05.2024 - 19.06.2024	507	/	610	/	97
20.06.2024 - 29.07.2024	454	572	/	359	/
05.08.2024 - 29.08.2024	/	716	/	7	9
<i>Total</i>	961	1511	610	634	198

Un total 3'914 to de déchets de forage a été évacué. L'intégralité de ces déchets a été traitée hors site dans des installation de lavages agréées pour le traitement de boues de forages. Les matériaux ont pu être valorisés et aucune mise en décharge n'est à relever.

4.7.4 Analyses de la radioactivité

La radioactivité est un élément essentiel de la géothermie. En effet, la chaleur du manteau terrestre recherché en géothermie provient de la désintégration des radionucléides présents dans les roches du sous-sol. Cependant, cette radioactivité peut poser des problèmes en lien avec la radioprotection en phase d'exploitation.

Un suivi continu de la radioactivité des cuttings et a été effectué par les géologues du projet et un suivi périodique des boues de forage a été mis en place par le RSER.

Aucune valeur anormale de la radioactivité n'a été constatée par les spécialistes sur la base de leurs analyses régulières.

Concernant le suivi du RSER, les boues de forage ont été prélevées et analysées à 7 reprises entre le 10 juin et le 29 juillet 2024.

Le tableau résume les résultats et le détail est disponible en annexe D.

Tableau 4-5 : Analyse des radionucléides dans les boues de forage

Date prélèvement	D ³ [μSv/an]
10.06.2024	26
20.06.2024	21
01.07.2024	18
08.07.2024	23
15.07.2024	25
22.07.2024	11
29.07.2024	14
Valeur limite : 300 μSv/an	

La radioactivité mesurée dans les boues de forage est toujours restée largement inférieure la valeur limite de 300 μSv/an et aucune mesure en lien avec la radioprotection n'a dû être mise en œuvre pour la gestion des déchets du chantier de forage.

4.8 Protection de la nature

Dans le domaine de la protection de la nature, le rapport d'impact sur l'environnement décrit des mesures pour la faune, la flore et les biotopes et notamment :

- ◆ « Faune, flore et biotope-F1 : 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 »
- ◆ « Faune, flore et biotope-F2 : 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 »

Ces mesures sont rappelées dans l'autorisation cantonale n°969 du projet :

- ◆ n°36 : Les installations d'éclairage du chantier seront optimisées de manière à limiter au maximum les émissions lumineuses dans l'environnement
- ◆ n°37 : Le site sera clôturé sur tout le pourtour ; un treillis à mailles fines sera posé dans le bas de la clôture de manière empêcher la colonisation des bassins techniques de stockage des eaux par les amphibiens.

Les demandes émises dans les différents documents ont été appliquées durant la phase de forage exploratoire et sont décrites dans les chapitres ci-après.

4.8.1 Protection de la faune et des batraciens

Les détails concernant la mise en place des charges n°36 et 37 (reprises dans les prescriptions de l'Art.28 du plan spécial [2]) sont disponibles dans le rapport SER de la place de forage [8].

Pour la protection des batraciens, les barrières définitives ont été mises en place en juin 2024.



Figure 4-42 : Clôture autour du site et barrière à batraciens provisoire



Figure 4-43 : Clôture autour du site et barrière à batraciens définitive

Afin d'effectuer un relevé sismique, Geo-Energie a réalisé une reconnaissance géophysiques en sismique réflexion 2D. Cette reconnaissance est effectuée au moyen de camions qui ont circulé dans des secteurs servant la reproduction de batraciens ainsi que dans leurs habitats attenants. De ce fait, le SER a dispensé une instruction pour la protection des batraciens le 9 avril 2024 aux intervenants de terrain concernés.

Le retour d'expérience transmis par le prestataire (GEO2X, mail de A. Neven du 26 avril 2024) fait état d'une dizaine d'individus repérés à proximité des routes empruntées par les camions, principalement dans le secteur de l'étang des Montoies à Glovelier ainsi que le long du Doubs. Aucun incident (mortalité) n'a été rapporté.

Les prescriptions du plan spécial ont été suivies correctement.

Les bassins de sécurité et de rétention seront à surveiller attentivement au printemps 2025 afin de prévenir d'une éventuelle colonisation par des batraciens.

4.8.2 Eclairage

En phase de forage, le site a été fortement éclairé la nuit de manière à garantir les exigences nécessaires en matière de sécurité des travailleurs. Le document « Bohranlagen- und Bohrplatzbeleuchtung » [11] fait mention des tous les luminaires utilisés sur le site ainsi que les précautions prises par l'entreprise pour impacter le moins possible l'environnement. Ainsi, les éclairages étaient orientés au maximum à l'intérieur du site, les éclairages mobiles n'étaient allumés que dans les secteurs d'activité et un écran supplémentaire était obtenu grâce aux nombreux conteneurs, au matériel et à la paroi anti-bruit.

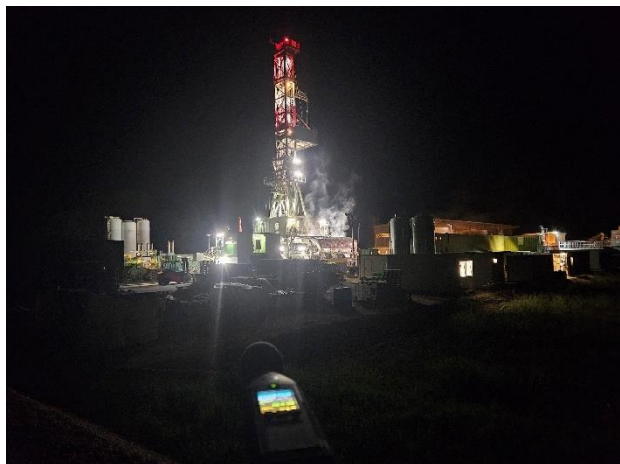


Figure 4-44 : Eclairage du site la nuit

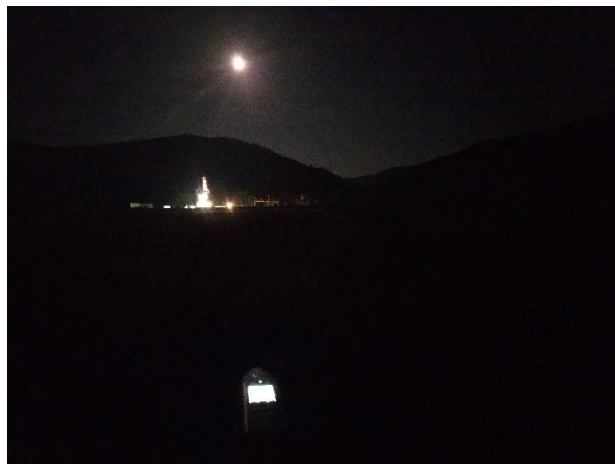


Figure 4-45 : Vu du site depuis un point éloigné

Ne s'agissant pas d'un éclairage de longue durée dans le temps et compte tenu des précautions prises par RED afin de minimiser l'impact sur l'environnement tout en garantissant la sécurité des travailleurs sur site, l'éclairage n'a pas eu un impact significatif sur l'environnement bien que des gênes pour certains habitants de Berlincourt ne puissent être exclues.

4.8.3 Plantes néophytes envahissantes

Aucune plante néophyte envahissante n'a été observée au cours du chantier.

5 Impressum

Delémont, le 20 décembre 2024

Collaborateurs/trices ayant participé au projet

Charlotte Béard Hervo (ingénieure en environnement)

Fabio Campedel (technicien-dessinateur)

Michaël Chopard (ingénieur en environnement, spécialiste bruit)

David Lehmann (ingénieur en environnement, spécialiste bruit)

Grégoire Monin (géologue, RSER)

Florence Voisard (ingénieure en environnement)

CSD INGENIEURS SA

Grégoire Monin

Chef de projet

David Lehmann

Adjoint au chef de projet

6 Disclaimer

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat, les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,

sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas remplies, CSD déclinera toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

Annexe A Rapport visites SER

SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	1
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	GMO
	Personnes présentes	GMO, DLE	Date / heure	22.05.2024/15h00
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage section 1 en cours, env. 50m de profondeur, POOH en cours		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	RAS, comment sont évacuées les eaux vers la STEP en cas de nécessité ? pompe mobile ?
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓	Actuellement, tout est stocké sur la place étanche et dans conteneurs. OK Palettes hors place étanche : sable. OK Déchargements de différentes substances en cours
	Etat général des machines de chantier	✓	RAS
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	Poussières/odeur issues des activités de JurAsphalte
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	Ok
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Site calme, quelques bruits de chocs, bruit des tamis modéré. Bruit de Jurasphalte dominant par moments.
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	RAS
	Horaires de travail	✓	RAS
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	⚠	Ensemencement sol à prévoir sur dépôts horizon B Entretien des stocks (fauche) à planifier
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok, bassins cuttings vides Bennes autres déchets installées
	Filières d'évacuation des déchets	✓	Filière Bolliger active, OK
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	c/o Bolliger
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspects	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	Barrière à batraciens provisoire, en attente définitive
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	RAS

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- Eclairage nocturne allumé en plein jour...
- Organiser ensemençement complémentaire des dépôts d'horizon B
- Planifier fauche d'entretien de la zone de dépôt de matériaux terreux
- Mise en place des barrières à batraciens définitives en attente

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE





SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	2
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	GMO
	Personnes présentes	Date / heure 28.05.2024/17h00		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage section 1 terminé (500 m), préparation de la mise en place du tubage section 1		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Les eaux du bassin de contrôle contaminée par le purin, importante charge en algues vertes, pompage en cours vers la canalisation intercommunale SEDE à l'aide d'une pompe de chantier. Eaux du bassin de stockage sont claires mais légèrement brunes, ok.
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	<div> <div>✓</div> <div>⚠</div> </div>	Substances stockées correctement dans l'ensemble. Dépôt hors place étanche d'éléments inertes (sable, nutshell, ...) Dépôt hors de la place étanche de baryte mais couvert par des bâches. Big bag soigneusement fermés avec sac étanche. Prélèvement d'un échantillon de baryte pour analyse de labo selon demande GES (Andre) Substances liquides stockées sous couvert sur place étanche, mais quid en cas de déversement ? Bac étanche de rétention permettrait de simplifier la récupération des liquides en cas de fuite.
	Etat général des machines de chantier	✓	RAS
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	Pas de poussière
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	Ok
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Phase de forage section 1 achevée, site calme, bruit des tamis modéré
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	RAS
	Horaires de travail	✓	RAS
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	⚠	Ensemencement sol à prévoir sur dépôts horizon B Entretien des stocks (fauche) à planifier
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok, bassins cuttings pratiquement vides Bennes autres déchets à disposition, utilisation correcte
	Filières d'évacuation des déchets	⚠	Filière Bolliger OK, bons de transport à fournir par GES

	Valorisation de matériaux minéraux	✓	c/o Bolliger
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspects	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	Barrière à batraciens provisoire, en attente définitive
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	RAS

- pas contrôlé, sans objet

✓ en ordre, conforme

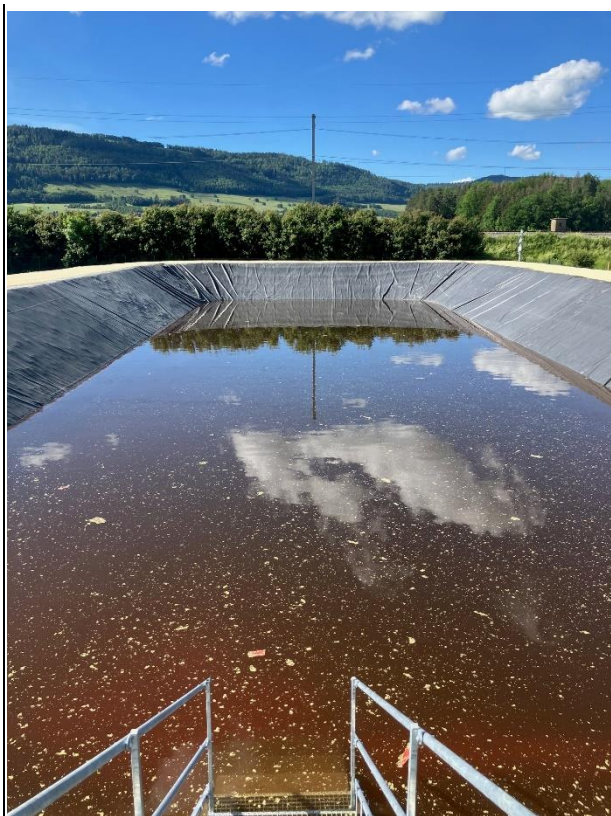
⚠ remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION

- Mettre en place un bassin de rétention sous les stocks de produits liquides
- Fournir les bons de transport des évacuations de cuttings et boues chez Bolliger
- Organiser ensemencement complémentaire des dépôts d'horizon B
- Planifier fauche d'entretien de la zone de dépôt de matériaux terreux
- Mise en place des barrières à batraciens définitives en attente

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE





SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	3
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	GMO
	Personnes présentes	Date / heure 06.06.2024 /14h00		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage section 2 en cours		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Les eaux du bassin de contrôle contaminées par le purin évacuées. Nouvelles eaux présente, turbidité grise importante. Déversement de boue ? Eaux du bassin de stockage sont claires mais légèrement brunes, ok.
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓ ⚠	Mise en place bac de rétention et couvert. Déplacement des cubis en cours. Futs sur place gravier à déplacer.
	Etat général des machines de chantier	✓	RAS
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	Ok, RAS
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	Ok
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Bruit « normal »
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	RAS
	Horaires de travail	✓	RAS
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	⚠	Ensemencement sol à prévoir sur dépôts horizon B Entretien des stocks (fauche) à planifier
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok, bassins cuttings pratiquement vides Bennes autres déchets à disposition, utilisation correcte
	Filières d'évacuation des déchets	⚠	Filière Bolliger OK, bons de transport à fournir par GES
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	c/o Bolliger
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	Barrière à batraciens provisoire, en attente définitive
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	RAS

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



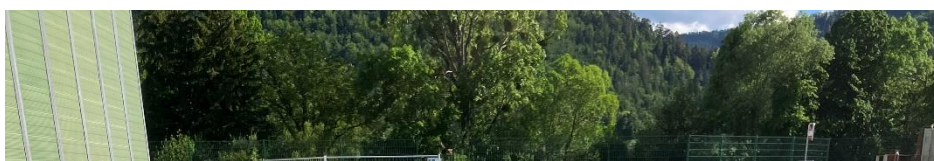
remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- Fournir les bons de transport des évacuations de cuttings et boues chez Bolliger
- Déplacer stocks de substances liquides dans secteurs sécurisés
- Organiser ensemencement complémentaire des dépôts d'horizon B
- Planifier fauche d'entretien de la zone de dépôt de matériaux terreux
- Mise en place des barrières à batraciens définitives en attente

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE





SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	4
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	GMO
	Personnes présentes	FC/BL/J.Fernex/O. Frund/T. Bourquard	Date / heure	17.06.2024 /14h00
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage section 2 terminé, prof. 1820 m, préparation descente tubage		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Les eaux du bassin de contrôle sont ok Eaux du bassin de stockage sont claires mais légèrement brunes, ok.
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	<div> <div>✓</div> <div>⚠</div> </div>	Mise en place bac de rétention et couvert. Ok Selon remarque des représentants cantonaux : compléter le listing des stocks dans les conteneurs, même avec substances inertes (info pompiers en cas d'intervention) Pompe à soude caustique : risque de déversement sur la place et dans les eaux si tuyau endommagé. Installation à modifier.
	Etat général des machines de chantier	✓	RAS
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	Emissions depuis Jurasphalte
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	Ok
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	RAS, surtout bruit des shakers
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	RAS
	Horaires de travail	✓	RAS
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	⚠	Ensemencement sol à prévoir sur dépôts horizon B Entretien des stocks (fauche) à planifier
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok, bassins cuttings avec HC Bennes autres déchets à disposition, utilisation correcte
	Filières d'évacuation des déchets	⚠	Filière Bolliger OK, bons de transport à fournir par GES
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	c/o Bolliger
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	Barrière à batraciens provisoire, en attente définitive
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	RAS

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



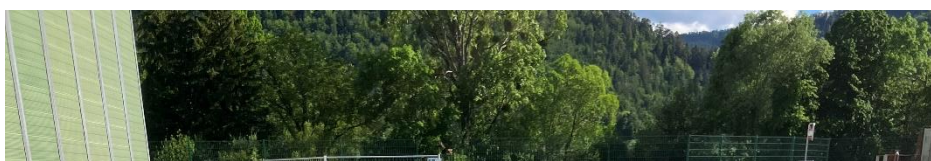
remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- Fournir les bons de transport des évacuations de cuttings et boues chez Bolliger
- Modification installation pompage soude caustique
- Compléter documentation substances stockées dans conteneurs
- Planifier fauche d'entretien de la zone de dépôt de matériaux terreux
- Mise en place des barrières à batraciens définitives en attente

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE





SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	5
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	GMO
	Personnes présentes	Date / heure 01.07.2024 / 15h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage, ~2500m de profondeur, section 3		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	Ok
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Bassin plein. Limite du tuyau de la STEP Pas de rétention
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓ ⚠	Ok sauf soude caustique. Système pas modifié depuis la visite de l'ENV.
	Etat général des machines de chantier	✓	-
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	-
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	-
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Forage en cours, RAS
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	-
	Horaires de travail	✓	-
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	⚠	Fauche des sols et des stocks à prévoir
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Bennes supplémentaire mises en place selon recommandation
	Filières d'évacuation des déchets	✓	
	Valorisation de matériaux minéraux	-	
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	Huiles dans cuttings. Surnageant gras
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	-
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	-

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Fauche à prévoir
- ◆ Barrière anti batraciens
- ◆ Modification installation pompage soude caustique

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE





SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	6
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	HCH
	Personnes présentes	Date / heure 08.07.2024 / 10h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage en cours		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	Ok
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓ ⚠	Bassin de sécurité → fine couche en surface. Ecoulements de boue dans la bassin ?
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	-	-
	Etat général des machines de chantier	-	-
	Paramètres physico-chimiques	⚠ ✓	Bassin de sécurité : Conductivité : 1284 µS/cm – pH : 7.43 – T° : 19.3 °C Bassin de rétention : Conductivité : 257 µS/cm – pH : 8.58– T° : 22.3°C
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	Ok, fumée de vapeur liée à la température des boues
	Équipement des machines en filtres à particules	-	-
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Forage en cours, RAS
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	
	Horaires de travail	✓	
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	⚠	Fauche à réaliser
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok, bassins de cuttings vidés régulièrement
	Filières d'évacuation des déchets	✓	En ordre, tri effectué dans les bennes
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	c/o Bolliger
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	En ordre
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	Pas d'espèces observées

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Bassin de sécurité, provenance de la fine couche en surface – Evacuation eaux usées
- ◆ Conductivité élevée dans le bassin de sécurité
- ◆ Fauche des secteurs enherbés à prévoir

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE



Vue générale du site depuis le nord-est



Bassin de sécurité : fine couche grasse en surface, turbide



Bennes de tri



Fauche à prévoir sur les stocks et le terrain

SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	7
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	HCH
	Personnes présentes	Date / heure 15.07.2024 / 10h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage 3'200m. Le forage a été arrêté ~1 jour et demi à cause d'une usure anormale des épaule de la tête de la foreuse		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	Bassin de sécurité vidé. Absence de fine couche à la surface. Eau turbide et conductivité haute Eau des deux bassins très alcaline
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	-
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓	RAS. Système de la soude caustique débranché. En ordre
	Etat général des machines de chantier	✓	-
	Paramètres physico-chimiques	⚠ ✓	Bassin de sécurité : Conductivité : 1330 µS/cm – pH : 8.6 – T° : 19.3°C Bassin de rétention : Conductivité : 580 µS/cm – pH : 9.7 – T° : 23°C
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	-
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	-
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Forage en cours
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	-
	Horaires de travail	✓	-
Sols	Conditions de décapage et de manutention	⚠	Fauche à prévoir
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	-	-
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok, bassins de cuttings vidés régulièrement Tri respecté dans les bennes à disposition
	Filières d'évacuation des déchets	✓	
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	-
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	-

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Conductivité et pH élevé dans le bassin de sécurité
- ◆ Fauche à prévoir

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE



Vue générale du site depuis le nord-est



Bassin de sécurité : vidé, absence de fine couche grasse en surface, turbide



Fauche à prévoir sur les stocks et le terrain



Système de la soude caustique débranché

SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	8
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	HCH
	Personnes présentes	Date / heure 22.07.2024 / 10h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage 3'700m. Fin prévu samedi 27.07.2024		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Eau du bassin de sécurité turbide Eau qui s'écoulait de la place de forage vers la bassin de sécurité claire
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓	RAS
	Etat général des machines de chantier	✓	-
	Paramètres physico-chimiques	⚠ ✓	Bassin de sécurité : Conductivité : 1120 µS/cm – pH : 8.4 – T° : 22.5°C Bassin de rétention : Conductivité : 590 µS/cm – pH : 8.2 – T° : 24.3°C
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	Fumée due à la vapeur des boues et non à la poussière
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Bruit → forage et évacuation des cuttings en cours
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	-
	Horaires de travail	✓	-
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	Fauche à prévoir
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	-	-
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	-
	Filières d'évacuation des déchets	✓	-
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	-
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	-
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	-

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Conductivité et pH élevé dans le bassin de sécurité
- ◆ Fauche à prévoir

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE



Vue générale du site depuis le nord-est



Bassin de sécurité : déversement d'eau claire depuis la place de forage



Bassin de rétention



Fauche à prévoir sur les stocks et le terrain

SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	9
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	HCH
	Personnes présentes	Date / heure 29.07.2024 / 9h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours			

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	⚠	Eau du bassin de sécurité très turbide avec fine pellicule grasse à la surface
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓	RAS
	Etat général des machines de chantier	✓	-
	Paramètres physico-chimiques	⚠ ✓	Bassin de sécurité : Conductivité : 1177 µS/cm – pH : 8.35 – T° : 22.3°C Bassin de rétention : Conductivité : 607 µS/cm – pH : 8.27 – T° : 25°C
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	-
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Pas de forage. Bruit cliquetis de manutention dans la foreuse
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	-
	Horaires de travail	✓	-
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	Fauche à prévoir
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	-	-
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok bassins de cuttings vidés régulièrement Ok dans bennes à disposition avec tri
	Filières d'évacuation des déchets	✓	-
	Valorisation de matériaux minéraux	✓	-
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	-
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	-

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Conductivité et pH élevé dans le bassin de sécurité
- ◆ Bassin de sécurité très turbide avec fine pellicule grasse à la surface => Boue dans le bassin ?
- ◆ Fauche à prévoir

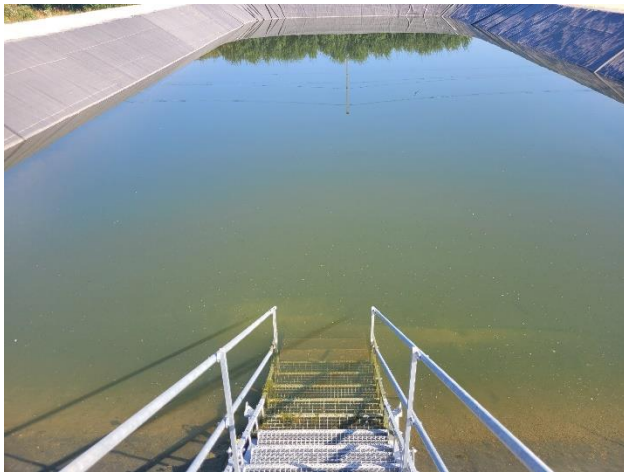
DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE



Vue générale du site depuis le nord-est



Bassin de sécurité : turbide avec fine particule à la surface



Bassin de rétention



Fauche à prévoir sur les stocks et le terrain

SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	10
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	HCH
	Personnes présentes	Date / heure 20.08.2024 / 11h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Forage terminé		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	RAS. Filet d'eau claire qui se déverse dans le bassin de sécurité
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Bassin de sécurité : eau très turbide, ¾ plein, conductivité en baisse Bassin de rétention : eau légèrement turbide, ½ plein
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓	RAS
	Etat général des machines de chantier	✓	-
	Paramètres physico-chimiques	✓ ✓	Bassin de sécurité : Conductivité : 802 µS/cm – pH : 8.85 – T° : 19.9°C Bassin de rétention : Conductivité : 742 µS/cm – pH : 8.28 – T° : 24.9°C
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	-
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Forage terminé
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	-
	Horaires de travail	✓	-
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	Fauche réalisée
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	-	-
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok dans bennes à disposition avec tri
	Filières d'évacuation des déchets	✓	
	Valorisation de matériaux minéraux	-	-
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspects	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	Fauche réalisée
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	-

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Conductivité en baisse dans le bassin de sécurité mais en hausse dans le bassin de rétention (valeurs tout de même correctes)
- ◆ Bassin de sécurité très turbide

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE



Vue générale du site depuis le nord-est



Bassin de sécurité : turbide



Produits chimiques sur bac de rétention



Fauche réalisée sur les stock et autour du site

SER - COMPTE-RENDU DE VISITE DE CHANTIER

Généralités	Chantier - lot	Forage Haute-Sorne	Rapport n°	11
	Entreprise(s)	RED Drilling and services	Auteur	HCH
	Personnes présentes	Date / heure 26 -28.08.2024 / 16h30		
	Distribution	GES: Fabien Christe, Olivier Zingg, Andre El-Alfy		
	Travaux en cours	Tour de forage en cours de démontage		

EVALUATION – OBSERVATIONS

Eaux	Maîtrise de l'écoulement des eaux sur le chantier	✓	Déversement d'eau très turbide / boueuse dans le bassin de sécurité (lavage durant le démontage)
	Fonctionnement des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux	✓	Bassin de sécurité : eau très turbide, ½ plein Bassin de rétention : eau légèrement turbide, ½ plein
	Stockage et utilisation de substances susceptibles d'altérer les eaux	✓	Substances dangereuses évacuées
	Etat général des machines de chantier	✓	-
	Paramètres physico-chimiques	✓ ✓	Bassin de sécurité : Conductivité : 1252 µS/cm – pH : 8.51 – T° : 27.2°C Bassin de rétention : Conductivité : 687 µS/cm – pH : 8.04 – T° : 24.6°C
Air	Maîtrise des émissions de poussières	✓	-
	Équipement des machines en filtres à particules	✓	
Bruit	Phase de travaux particulièrement bruyants	✓	Bruit de démontage
	Voisinage particulièrement exposé / sensible	✓	-
	Horaires de travail	✓	-
Sols	Conditions de décapage et de manutention	✓	-
	Conditions de stockage et reconstitution des sols	-	-
Déchets	Collecte et tri des déchets sur le chantier	✓	Ok dans bennes à disposition avec tri
	Filières d'évacuation des déchets	✓	-
	Valorisation de matériaux minéraux	-	-
	Présence de matériaux d'excavation de couleur ou d'odeur suspectes	-	-
Nature	Protection des milieux naturels et des arbres	✓	En ordre
	Présence d'espèces néophytes envahissantes	✓	-

- pas contrôlé, sans objet



en ordre, conforme



remarque, problème, suite à donner

REMARQUES, PROPOSITIONS D'AMELIORATION

- ◆ Conductivité en hausse dû au déversement d'eau turbide dans le bassin de sécurité. Valeurs tout de même correctes, déversement dans les eaux usées recommandé
- ◆ Tour de forage démontée

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE



Vue générale du site depuis le nord-est



Bassin de sécurité : turbide, écoulement boueux



Substances chimiques dangereuses évacuées



Bassin de rétention

Annexe B Annexes Bruit

Concept de monitoring du bruit et mail validation ENV

Fiches stations de mesures en continu

Note mesures 23 mai

Note bruit solidien tamis

Note mesures 25 juin

Note mesures 14 août

CSD INGENIEURS SA

Rue de la Jeunesse 1

Case postale

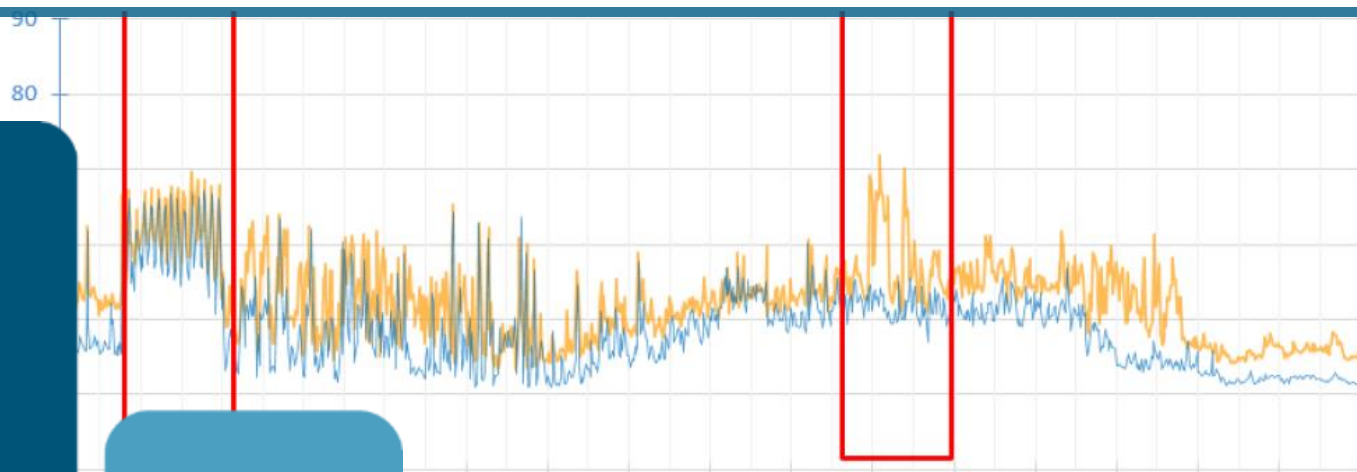
CH-2800 Delémont 1

+41 32 465 50 30

delemont@csd.ch

www.csd.ch

CSD INGENIEURS 
INGÉNIEUX PAR NATURE



Géo-Energie Jura SA

Centrale géothermique de Haute-Sorne

Concept de monitoring du bruit

Delémont, le 08.11.23 / FCH011573

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Contexte et objectif.....	1
1.2	Bases et références	1
1.3	Exigences de l'autorisation.....	1
2	Concept de monitoring	2
2.1	Principe général	2
2.2	Points de mesure en continu.....	2
2.3	Mesures de réception de l'installation de forage.....	5
2.4	Mesures de contrôle des immissions	7
3	Impressum	9
4	Disclaimer	9

Liste des figures

Figure 1	Secteur d'implantation de la station de mesure en continu à la ferme des Croisées	4
Figure 2	Secteur d'implantation de la station de mesure en continu interne au site	4
Figure 3	Localisation (indicative) des points de mesure des émissions	6
Figure 4	Localisation (indicative) des points distants de contrôle des immissions	8

1 Introduction

1.1 Contexte et objectif

La société Geo-Energie Jura SA prévoit sur la commune de Haute-Sorne (JU) la construction d'une centrale géothermique pour la production d'électricité et de chaleur, à l'aide de la technique des systèmes géothermiques stimulés. Le projet est conçu sous forme d'un projet pilote et doit apporter la preuve de sa faisabilité technique.

Dans le domaine de la protection contre le bruit, le rapport d'impact sur l'environnement du projet décrit un certain nombre de mesures de prévention (dont la réalisation d'une paroi antibruit) et de contrôle (dont la mesure « Bruit-F7 Mise en place d'un monitoring de bruit »).

Par ailleurs, l'autorisation délivrée par l'Office de l'environnement contient plusieurs charges en lien avec la protection contre le bruit.

La phase préparatoire est en cours et le forage à proprement parler pourrait démarrer dès le printemps 2024. Par conséquent, le principe de monitoring du bruit doit aujourd'hui être concrétisé puis être mis en œuvre dès le début des travaux de forage. Le présent document décrit les principes des mesures de contrôle envisagée et propose une approche concrète pour documenter la situation.

Il est destiné principalement au Maître d'ouvrage ainsi qu'à l'Office de l'environnement, pour discussion et validation avant sa mise en application (offre financière et mise en œuvre).

1.2 Bases et références

Les documents spécifiques au projet suivants sont à disposition et ont été considérés pour l'établissement de notre proposition :

- ◆ Geo-Energie Suisse SA (09.07.2014) : Rapport d'impact sur l'environnement
- ◆ Geo-Energie Suisse SA (15.10.2014) : Rapport technique « Projet-pilote de géothermie profonde »
- ◆ RCJU SDT (27.10.2014) : Rapport explicatif Plan spécial cantonal « Projet-pilote de géothermie profonde »
- ◆ Commune de Haute-Sorne (02.06.2015) : Plan spécial « Projet-pilote de géothermie profonde » - Plan d'occupation du sol et des équipements et Prescriptions
- ◆ RCJU ENV (30.03.2015) : Autorisation n°969
- ◆ RCJU SDT (22.05.2015) : Permis de construire
- ◆ Construction de la plate-forme de forage et de ses viabilités - Installations de chantier – provisoires. Plan de situation 1 :250, coupes et détails, version du 7.9.2023
- ◆ Géothermie Haute-Sorne - Suivi environnemental de la réalisation (SER), PV de la séance de démarrage du 29.8.2023

1.3 Exigences de l'autorisation

Les principales exigences formulées dans l'autorisation cantonale n° 969 en matière d'environnement sont résumées ci-dessous (pour le domaine bruit) :

- ◆ n° 22 : les installations fixes de chantier, notamment les installations de forage et de stimulation, respecteront les valeurs limites d'immission (VLI) selon l'annexe 6 de l'OPB pour tous les locaux sensibles au bruit exposés
- ◆ n°23 : une paroi antibruit de 10m de haut sur 65m de longueur sera mise en place entre la place de forage et la ferme des Croisées. Elle sera construite de manière à permettre une bonne atténuation du bruit. Elle sera démontée à la fin des travaux de forage et de stimulation

- ◆ n° 26 : dans le cadre du suivi environnemental de réalisation, un monitoring du bruit sera mis en place avant le début des travaux de forage. Une station de mesure en continu sera installée à proximité de la ferme des Croisées
- ◆ n° 27 : une mesure de réception des installations de forage sera réalisée dès la mise en service de la tour de forage afin de vérifier la conformité des installations et l'adéquation du modèle prévisionnel. En cas de non-conformité, l'exploitation sera immédiatement stoppée et des mesures complémentaires seront étudiées et mises en place avant le redémarrage. Des mesures seront régulièrement réalisées à proximité du chantier, notamment en période nocturne. Sur demande, des mesures de bruit seront réalisées au niveau des locaux sensibles au bruit les plus exposés de manière à contrôler le respect des VLI

2 Concept de monitoring

2.1 Principe général

Le monitoring du bruit se décline en trois axes principaux qui visent à concrétiser les exigences des autorisations ainsi que les intentions formulées jusqu'à ce jour :

1. Documentation en continu du bruit émis durant toute la phase de forage : au moyen de deux stations de mesure placées à la ferme des Croisées ainsi qu'à l'intérieur du site
2. Validation des hypothèses et des niveaux théoriques d'émission de l'installation de forage considérés dans le modèle prédictif de bruit (rapport CSD 2014, actualisé en 2022) : au moyen de la station de mesure en continu placée à proximité immédiate des sources de bruit ainsi que par des mesures complémentaires effectuées à proximité immédiate des installations
3. Contrôle du respect des VLI dans un rayon éloigné : par deux campagnes de mesures des immissions, effectuées en quatre points distants de 500 m environ du site (mesures de courte durée)

Les caractéristiques et détails de mise en œuvre des trois points précités sont détaillés dans les chapitres qui suivent.

2.2 Points de mesure en continu

Mesures en continu	
Objectifs	<p>Répondre à l'exigence n°26 de l'autorisation ENV</p> <p>Confirmer le respect des VLI OPB au niveau de la ferme des Croisées</p> <p>Documenter les niveaux sonores effectifs durant toute la durée de la phase de forage d'exploration</p>
Matériel et méthode de mesure	<p>Station de mesure et d'enregistrement du bruit complète et autonome comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Un sonomètre intégrateur calibré et certifié par le METAS ◆ Un mât (ou point de fixation existant) supportant le micro déporté à une hauteur de 4 mètres ◆ Un système d'enregistrement des données et de transmission sans-fil vers un serveur distant ◆ Un système d'alimentation indépendant (batteries, panneau solaire), garantissant une autonomie suffisante (durée totale : environ 6 mois)

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Un système d'enregistrement du bruit ambiant, lorsqu'un seuil d'intensité définie est dépassé (permet d'effectuer des contrôles et reconnaître a posteriori la nature du bruit)
Localisation	<p>Afin d'avoir une vue d'ensemble et une bonne compréhension des événements et des niveaux sonores mesurés, le dispositif sera dupliqué et installé en deux points :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ A proximité de l'habitation de la ferme des Croisées, dans l'axe des fenêtres de la façade ouest (voir figure ci-dessous, point exact à définir avec le propriétaire) : permet le contrôle de la conformité aux VLI (niveaux sonores à l'immission) ◆ A l'intérieur du site du chantier de forage (voir figure ci-dessous, point exact à définir avec l'entreprise de forage) : permet de documenter le bruit global des activités à proximité immédiate des sources (niveaux sonores à l'émission), permet une corrélation avec les valeurs mesurées à l'immission, permet de quantifier l'effet de la paroi antibruit <p>L'emplacement du micro devra être défini à une distance suffisante (> 5 m) des façades ou de la paroi anti-bruit, de manière à limiter les effets de réflexion.</p>
Interprétation des résultats	<p>Analyse régulière des valeurs mesurées, des niveaux sonores moyens sur une plage de temps donnée et des éventuelles anomalies ou cas particuliers (analyse à distance)</p> <p>Comparaison avec valeurs du modèle CadnaA, pour des points récepteurs correspondant aux points de mesure</p> <p>Evaluation selon OPB et confirmation du respect des VLI au niveau de l'habitation de la ferme des Croisées</p>
Reporting	<p>Un premier bilan sera produit dans les premières semaines d'exploitation, au plus tard un mois après le début du forage</p> <p>Un deuxième bilan sera produit à mi-parcours, soit environ 3 mois après le début du forage</p> <p>La pertinence et, le cas échéant, la fréquence d'éventuelles analyses supplémentaires sera décidée à l'avancement dans le cadre de la commission de suivi des travaux, en fonction des observations et de l'évolution de la situation</p> <p>Sur demande, en cas de plainte par exemple, il sera possible en tout temps d'extraire et d'analyser une séquence de données, dans un délai court</p> <p>Un rapport final sera produit au terme de la phase de forage exploratoire</p>
Divers, remarques	<p>Une maintenance régulière devra être assurée sur les deux stations de mesure, de manière à garantir la continuité et la fiabilité des enregistrements. Les sonomètres devront en particulier faire l'objet de contrôles de calibration réguliers (2x par mois environ)</p> <p>Sur demande, une option d'alerte par SMS est possible en cas de dépassement d'un niveau sonore d'intensité définie</p> <p>Sur demande, une option d'alerte par SMS est possible en cas de dysfonctionnement électrique de l'installation (alimentation, câbles, ...)</p> <p>Sur demande, une option de consultation des résultats de mesure par des tiers est possible (sur un serveur de partage)</p> <p>Dans la mesure du possible, une période de mesure caractérisant l'état initial sera réalisée avant le démarrage du forage (une nuit complète sans activité sur le site, par exemple)</p> <p>L'installation d'une webcam (par l'exploitant) serait très utile pour documenter ou comprendre les événements particuliers produisant du bruit sur le site</p>

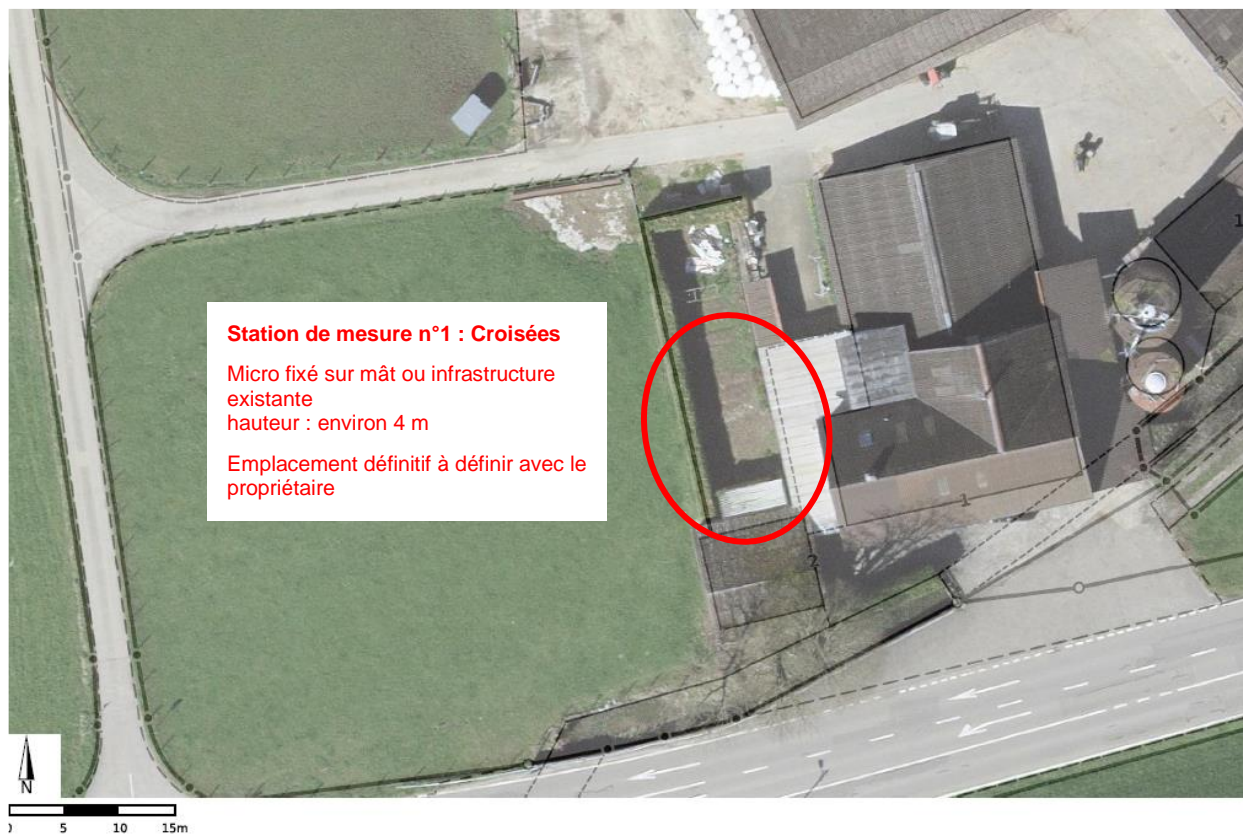


Figure 1 Secteur d'implantation de la station de mesure en continu à la ferme des Croisées

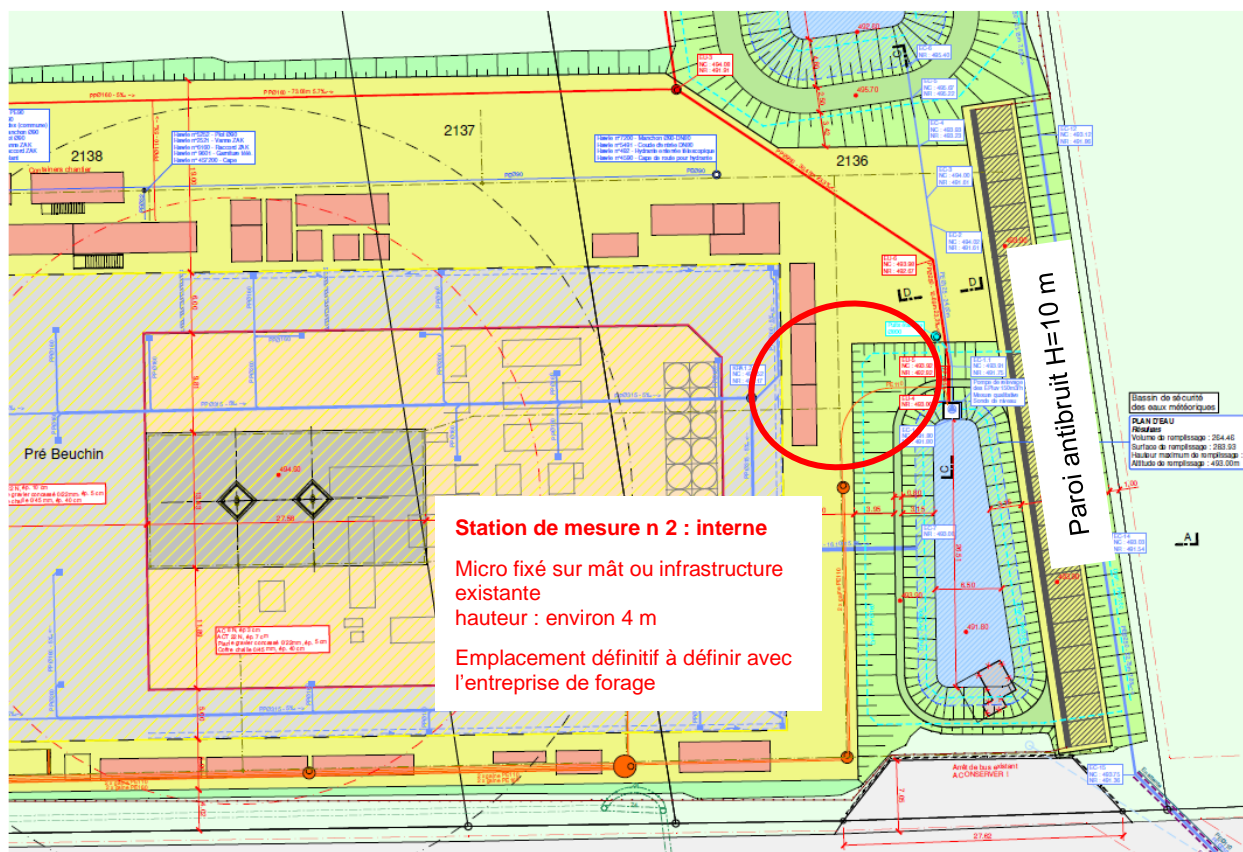


Figure 2 Secteur d'implantation de la station de mesure en continu interne au site

2.3 Mesures de réception de l'installation de forage

Mesures de réception de l'installation	
Objectifs	<p>Confirmer les valeurs d'émissions théoriques utilisées dans le modèle prévisionnel</p> <p>Répondre à l'exigence n°27 de l'autorisation ENV</p> <p>Autoriser définitivement la mise en fonction de l'installation de forage</p>
Matériel et méthode de mesure	<p>Mesure des niveaux sonores en continu à la station de mesure n° 2 (voir ci-dessus)</p> <p>Mesures ponctuelles de courte durée dans les environs immédiats des sources de bruit, avec un sonomètre portable (calibré et certifié par le METAS)</p> <p>Observation et description des phases de bruit par un observateur présent sur place (« journal des événements »)</p> <p>A réaliser durant les premières périodes de tests ou au plus tard lors de la mise en fonction de l'installation</p>
Localisation	<p>Station de mesure en continu n°2</p> <p>Mesures ponctuelles : en différents points répartis sur le site (des emplacements sont illustrés à la figure ci-dessous à titre indicatif, points E1 à E5)</p>
Interprétation des résultats	<p>Détermination d'un niveau sonore moyen d'émission, caractéristique de l'installation</p> <p>Si possible, différenciation des niveaux d'émission entre la phase de « forage » et la phase de « roundtrip »</p> <p>Comparaison avec les valeurs théoriques obtenues par modélisation (pour des points récepteurs identiques)</p>
Reporting	<p>Evaluation et rapport de synthèse dans les premiers temps de l'exploitation (au plus tard 2 semaines après les mesures)</p>
Divers, remarques	-

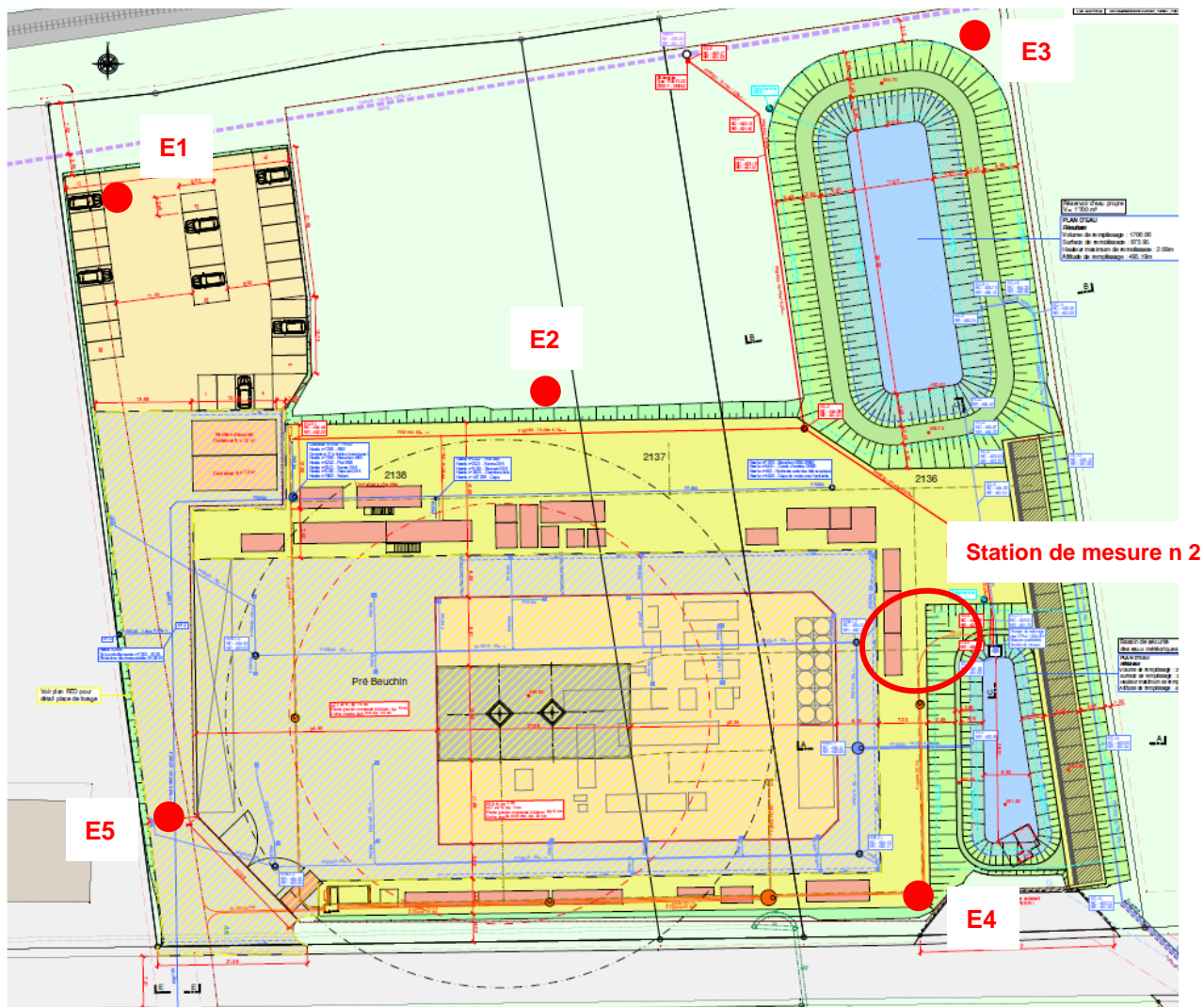


Figure 3 Localisation (indicative) des points de mesure des émissions

2.4 Mesures de contrôle des immissions

Mesures de contrôle des immissions	
Objectifs	<p>Documenter les niveaux sonores effectifs dans des secteurs plus éloignés</p> <p>Répondre à l'exigence n°27 de l'autorisation ENV</p> <p>Confirmer le respect des VLI OPB au niveau des zones d'habitation exposées</p>
Matériel et méthode de mesure	<p>Sonomètre portable calibré et certifié par le METAS</p> <p>Hauteur de mesure : 2 m</p> <p>Description qualitative du bruit ressenti par l'opérateur présent sur place</p> <p>Durée de mesure : environ 30 à 60 min, à répéter ou adapter en fonction des phases d'activité (forage, roundtrip)</p> <p>Mesures à réaliser durant la nuit pour s'affranchir autant que possible des bruits parasites</p>
Localisation	<p>En 4 points placés dans chacune des directions cardinales (reportés à la figure ci-dessous)</p> <p>Distance : environ 500 m du site de forage</p> <p>Emplacements en principe possibles sur le domaine public (chemins, places) ou après accord du propriétaire (CFF pour le point n° 4)</p>
Interprétation des résultats	<p>Détermination d'un niveau sonore moyen d'immission, sur une période de plusieurs heures</p> <p>Comparaison avec les valeurs théoriques obtenues par modélisation (pour des points récepteurs identiques)</p> <p>Evaluation selon OPB et confirmation du respect des VLI au niveau des habitations exposées</p>
Reporting	<p>Une première campagne sera organisée après 1 mois d'exploitation environ (le délai pourra éventuellement être ajusté en fonction des premiers résultats des premières mesures en continu)</p> <p>Une deuxième campagne sera planifiée à mi-parcours, soit environ 3 mois après le début du forage</p> <p>La pertinence et, le cas échéant, la fréquence d'éventuelles campagnes de contrôle supplémentaires des immissions sera décidée à l'avancement dans le cadre de la commission de suivi des travaux, en fonction des observations et de l'évolution de la situation</p> <p>Sur demande, en cas de plainte par exemple, il sera possible d'organiser des mesures similaires à partir d'une fenêtre d'une habitation ou d'un local à usage sensible</p> <p>Un rapport final sera produit au terme de la phase de forage</p>
Divers, remarques	<p>Une option possible serait de poser une station de mesure durant une nuit complète en chaque point (fournit une plage de mesure de 4 à 6 heures, mais dans ce cas sans présence continue d'un opérateur pour caractériser le bruit perçu)</p>

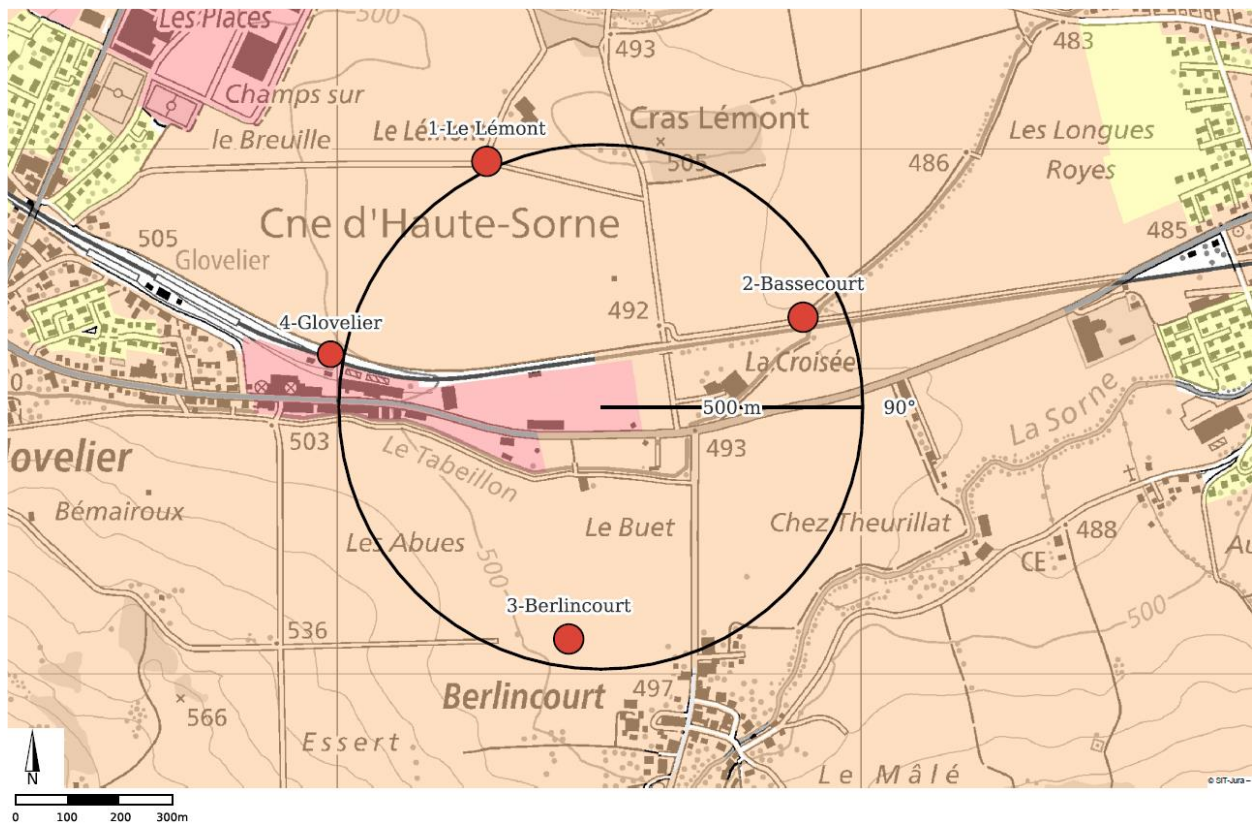


Figure 4 Localisation (indicative) des points distants de contrôle des immissions

3 Impressum

Delémont, le 08.11.23

CSD INGENIEURS SA

G. Monin

Dir. succursale JU

D. Lehmann

Ing. en environnement

4 Disclaimer

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- ◆ le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- ◆ les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- ◆ sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas remplies, CSD déclinera toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

De: Fernex Jean <jean.fernex@jura.ch>
Envoyé: mercredi, 7 février 2024 08:56
À: f.christe@geo-energie.ch
Cc: 'Olivier Zingg'; Rigaud Sylvain; LEHMANN David; MONIN Grégoire; VOISARD Florence; Theiler Quentin; Quenet Taylor
Objet: RE: Géothermie Haute-Sorne - Concept monitoring du bruit

Salut Fabien,

Merci pour l'envoi, le projet CSD correspond parfaitement à ce qui est attendu. Mes commentaires et demandes en détail :

1. Mesures en continu à la ferme des Croisées

Il faut mettre en place une plateforme avec consultation possible par l'ENV (mais probablement aussi GeoEnergie) en ligne des données brutes (en option selon le point 2.2 du rapport). Le mode de validation des données doit encore être précisé, au minimum tous les 15 jours en lien avec les contrôles et calibrations des appareils.

L'installation d'une webcam par l'opérateur, avec consultation possible par des tiers autorisés ou consultation publique, est fortement recommandée (c'est aussi une demande des services d'intervention). La mise en place ou non d'une alerte dysfonctionnement est à décider par CSD et le mandant, l'important est de garantir un taux de panne minimal et une remise en service rapide en cas de problèmes.

2. Mesures de réception et station de mesure No 2

La mesure de réception doit permettre de valider les valeurs d'émission des différentes installation ainsi que des différentes phases de forage (niveau de bruit – durée) utilisées dans la modélisation.

L'implantation de la station 2 doit être discutée et coordonnée avec l'entreprise de forage pour un positionnement optimal pour la mesure de bruit sans gêner les travaux.

En fonction de l'évolution des travaux, notamment de la mise en route de nouvelles installations (pompes pour la phase de test ou autres), des mesures de réceptions partielles pourront être nécessaires.

3. Mesures de contrôle

La première campagne de mesures devrait être engagée rapidement, plutôt dans les 15 jours suivant le début de l'exploitation.

La deuxième campagne après 3 mois ne sera peut-être pas nécessaire, à discuter en fonction des observations réalisées.

Je privilégierai plus la réalisation de mesures ciblées en cas de plaintes justifiées du voisinage.

Je souhaite que les démarches soient entreprises afin que la station de mesure No 1 soit mise en place le plus rapidement possible. Merci à CSD de nous tenir au courant des démarches avec la famille Sprunger et de faire une description détaillée de l'installation mise en place.

Avec mes meilleures salutations,

JURA CH RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA

Office de l'environnement
Jean Fernex
Collaborateur scientifique
Chemin du Bel'Oiseau 12
Case postale 69
CH-2882 Saint-Ursanne
T +41 32 420 4846
jean.fernex@jura.ch

De : f.christe@geo-energie.ch <f.christe@geo-energie.ch>

Envoyé : mercredi, 31 janvier 2024 20:27

À : Fernex Jean <jean.fernex@jura.ch>

Cc : 'Olivier Zingg' <o.zingg@geo-energie.ch>; Rigaud Sylvain <sylvain.rigaud@jura.ch>; 'LEHMANN David' <d.lehmann@csd.ch>; 'MONIN Grégoire' <g.monin@csd.ch>; 'VOISARD Florence' <f.voisard@csd.ch>

Objet : Géothermie Haute-Sorne - Concept monitoring du bruit

Bonsoir Jean,

Je te transmets pour validation un document préparé par CSD et qui expose les principes du monitoring du bruit envisagé.

Nous attendons avec grand intérêt tes remarques avant d'organiser la coordination avec M. Sprunger à la ferme des Croisées et avant la mise en œuvre sur le terrain.

En cas de questions, nous restons volontiers à disposition.

Cordiales salutations,

Fabien Christe

Hydrogéologue, Chef de sous-projet

Geo-Energie Suisse AG

Reitergasse 11

CH-8004 Zürich

Tel: +41 (0)61 500 07 24

Mob: +41 (0)79 783 46 42

f.christe@geo-energie.ch

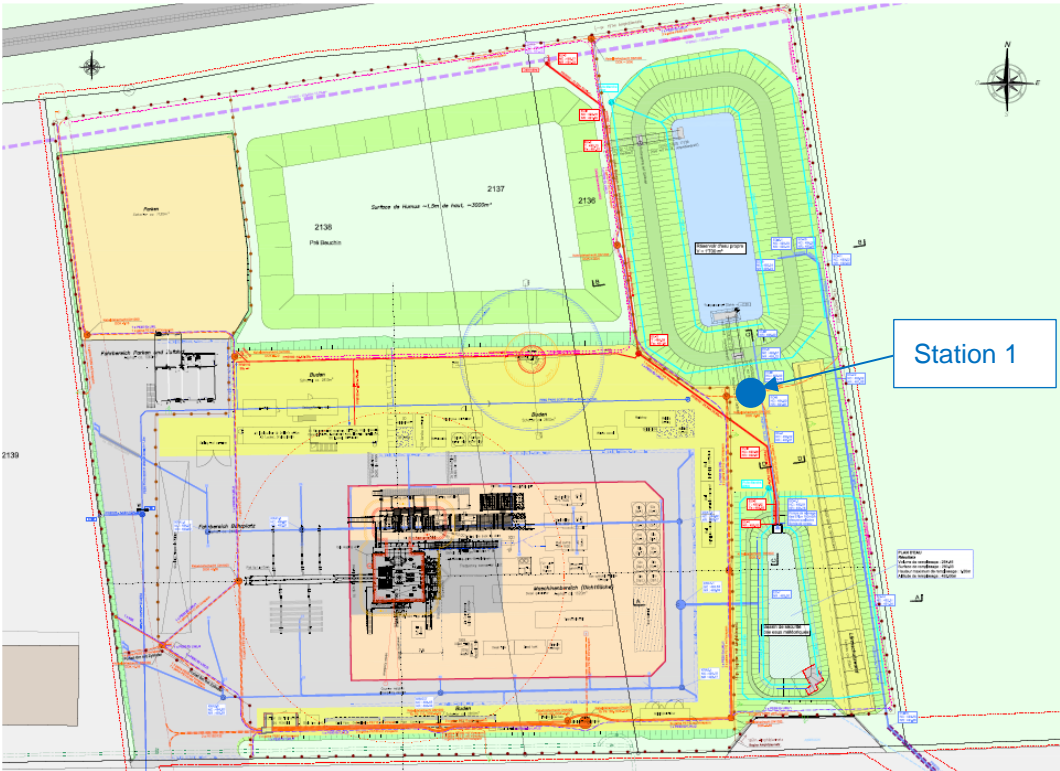
www.geo-energie.ch

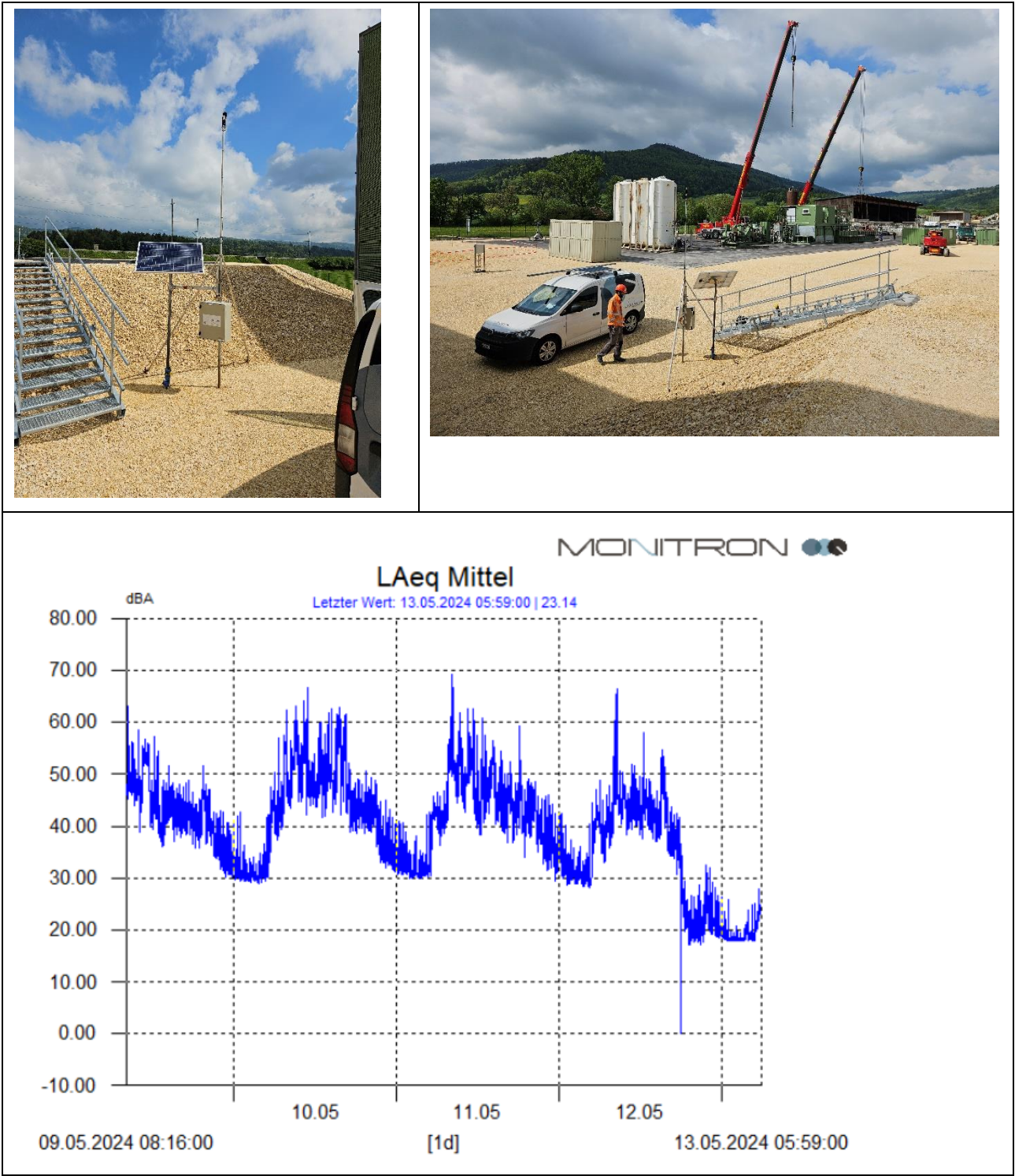


Virenfrei. www.avast.com

Géo-Energie Jura SA - Centrale géothermique Haute-Sorne
Monitoring du bruit de forage
Stations de mesure en continu

1 Station 1 – Interne site

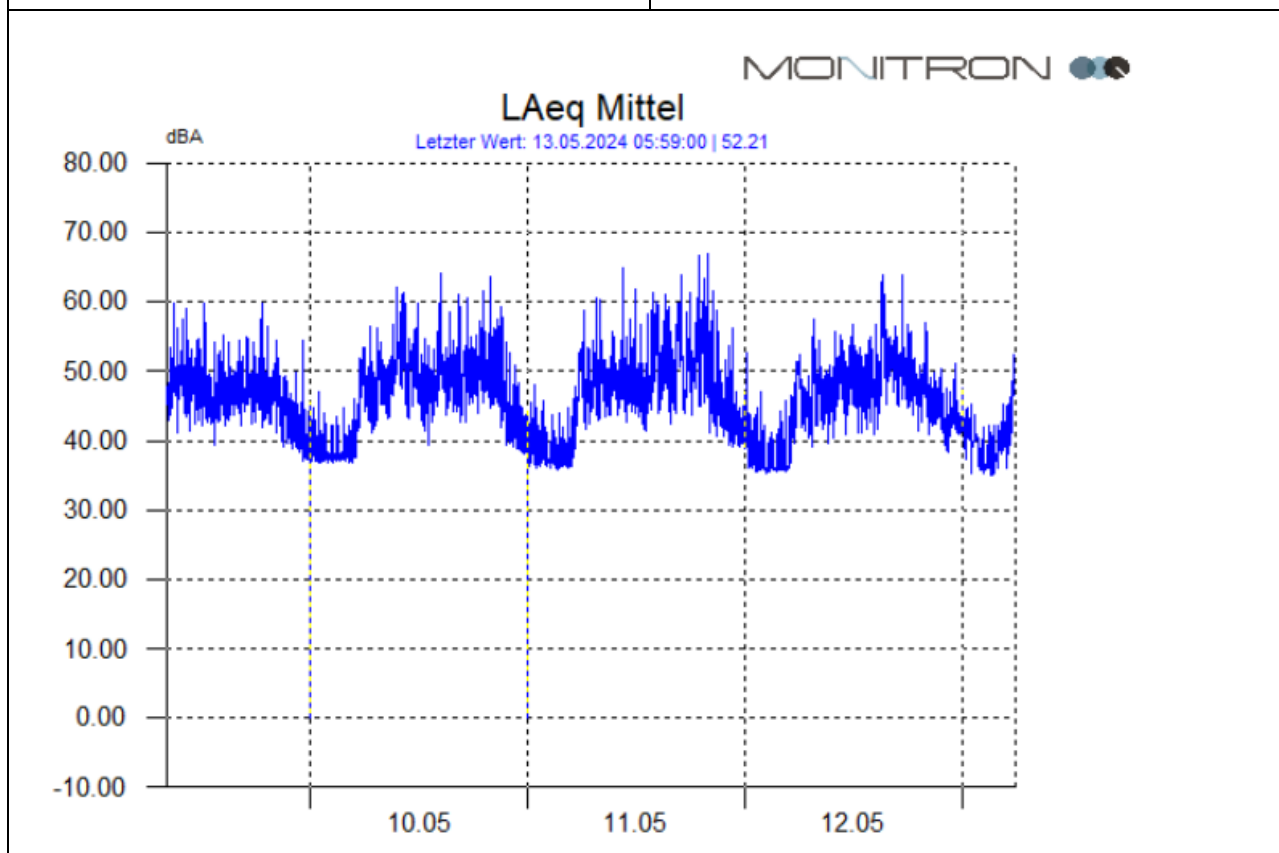
Emplacement	Interne au site de forage, secteur Est, à proximité du bassin d'eaux propres
Coordonnées	2'583'555 / 1'242'526
En fonction dès le	8 mai 2024
Hauteur micro	4 m au-dessus du sol
	



2 Station 2 – Les Croisées

Emplacement	Ferme Les Croisées Environ 20 m au nord-ouest du bâtiment d'habitation
Coordonnées	2'583'696 / 1'242'517
En fonction dès le	8 mai 2024
Hauteur micro	4 m au-dessus du sol





CSD Ingénieurs SA
D. Lehmann / 13 mai 2024

CSD INGENIEURS SA

Rue de la Jeunesse 1

Case postale

CH-2800 Delémont 1

+41 32 465 50 30

delemont@csd.ch

www.csd.ch

CSD INGENIEURS 
INGÉNIEUX PAR NATURE



Géothermie profonde Haute-Sorne

Evaluation du bruit du forage de la section 1

Note de synthèse conformité OPB

Delémont, le 2 juin 2024 / FCH11573.04

Table des matières

1	Contexte et objectifs	1
2	Méthodes de mesure du bruit	1
3	Phase de forage et nature du bruit	2
4	Résultats des mesures	3
4.1	Mesures ponctuelles du 23 mai 2024	3
4.2	Mesures en continu	4
5	Comparaison avec la situation théorique du modèle de bruit	5
6	Evaluation de la conformité OPB	6
6.1	Méthode d'appréciation	6
6.2	Correction de niveau OPB	6
6.3	Zones d'habitation des villages voisins	8
6.3.1	Détermination des niveaux d'évaluation Lr	8
6.3.2	Evaluation	8
6.4	Ferme des Croisées	8
6.4.1	Principe	8
6.4.2	Détermination des niveaux d'immission	9
6.4.3	Contexte local et incertitudes de mesures	12
6.4.4	Détermination du niveau d'évaluation Lr	13
6.4.5	Evaluation	13
7	Conclusion générale	14

Liste des figures

Figure 1	Localisation des 9 points de mesures ponctuelles (en vert et rouge) et des deux stations de mesure fixes (en noir)	2
Figure 2	Illustration de l'avancement des travaux de forage.....	2
Figure 3	Synthèse des mesures brutes Leq.....	3
Figure 4	Illustration des résultats produits par la station de mesure n° 1	4
Figure 5	Sources sonores considérées dans le modèle	5
Figure 6	Comparaison des résultats des mesures avec les valeurs théoriques issus du modèle de bruit	5
Figure 7	Analyse fréquentielle sur la période des mesures ponctuelles du 23 mai	7
Figure 8	Synthèse des mesures brutes Leq.....	8
Figure 9	Illustration des périodes de calme entre 1h00 et 4h30 (état initial avant forage)	9
Figure 10	Niveaux sonores de référence (état avant travaux, période 1h00 à 4h30).....	9
Figure 11	Niveaux sonores en phase de forage (période 1h00 à 4h30).....	11

Liste des annexes

Annexe A	Fiches de mesures de bruit du 23.5.2024.....	15
----------	--	----

1 Contexte et objectifs

Les opérations de forage ont débuté le 21 mai 2024 sur le site de la géothermie à Glovelier. En réponse aux exigences formulées dans l'autorisation délivrée par le Canton, les niveaux sonores doivent être mesurés et documentés dès les premiers temps d'activité de forage.

Le principe de suivi est décrit dans le concept de monitoring du bruit approuvé dans la phase préparatoire (CSD Ingénieurs SA, document du 8 novembre 2023).

L'équipement de mesure du bruit en continu (deux stations fixes) a été installé et est opérationnel depuis le 9 mai 2024. En complément une campagne de mesure ponctuelles a été réalisée le 23 mai en différents points. Les résultats de différentes mesures de bruit permettent de faire un premier bilan de la situation et d'évaluer la conformité des activités avec les objectifs et exigences posées. Le présent rapport vise en particulier à répondre à la demande transmise à Géo-Energie le 1^{er} juin 2024 par l'Office de l'environnement, consécutivement à un audit général de conformité conduit sur le site.

Les valeurs de référence ainsi que la méthode d'évaluation du bruit sont définies par l'Ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit (OPB, annexe 6). Compte tenu de l'activité continue sur le site (24h sur 24), la période nocturne constitue le point d'attention principal. L'exigence fixée dans l'autorisation d'exploiter tient au respect des valeurs limites d'immission de l'OPB pour tous les locaux à usage sensible au bruit du voisinage. Pour le degré de sensibilité au bruit DS III, applicable dans le secteur concerné pour les habitations les plus proches à la périphérie du site, la VLI est de 55 dB durant la nuit, ce qui constitue l'objectif à respecter.

2 Méthodes de mesure du bruit

Deux stations de mesure en continu ont été installées et sont actives depuis le 9 mai (points noirs à la figure ci-dessous) :

- ◆ Station 1 : interne à la place de forage
- ◆ Station 2 : à proximité de la ferme des Croisées

Les résultats des mesures sont téléchargeables à distance.

En complément à ces mesures en continu, une campagne de mesures ponctuelles a été réalisée au cours des premiers jours de forage, dans la nuit du 22 au 23 mai 2024, entre 0h30 et 5h00 de manière à s'affranchir autant que possible du bruit de fond et d'autres bruits parasites (trafic, train, autres activités industrielles).

Les mesures sont réalisées au moyen de sonomètres intégrateurs 01DB FUSION certifiés par le METAS.

Cinq points de mesure E1 à E5 ont été définis sur la place de forage et permettent de caractériser les niveaux d'émission (points verts à la figure ci-dessous).

Quatre points de mesure (1 à 4) ont été définis à une distance de l'ordre de 500 mètres de la place de forage et permettent de caractériser les niveaux d'immission en direction des principales zones d'habitation (points rouges à la figure ci-dessous).

4 Résultats des mesures

4.1 Mesures ponctuelles du 23 mai 2024

Les mesures ponctuelles réalisées de nuit ont été réalisées dans de bonnes conditions (météo, exploitation du site, choix des points de mesure) et ont permis de réaliser des mesures fiables et représentatives de la situation du moment.

Les niveaux sonores ont été mesurés en 9 points, sur une durée de 10 à 25 minutes chacun, et permettent de donner un niveau sonore équivalent (Leq) caractérisant chaque période de mesure.

Une description détaillée des conditions de mesure est donnée par les fiches jointes en annexe. Les résultats des mesures brutes sont synthétisés à la figure suivante :

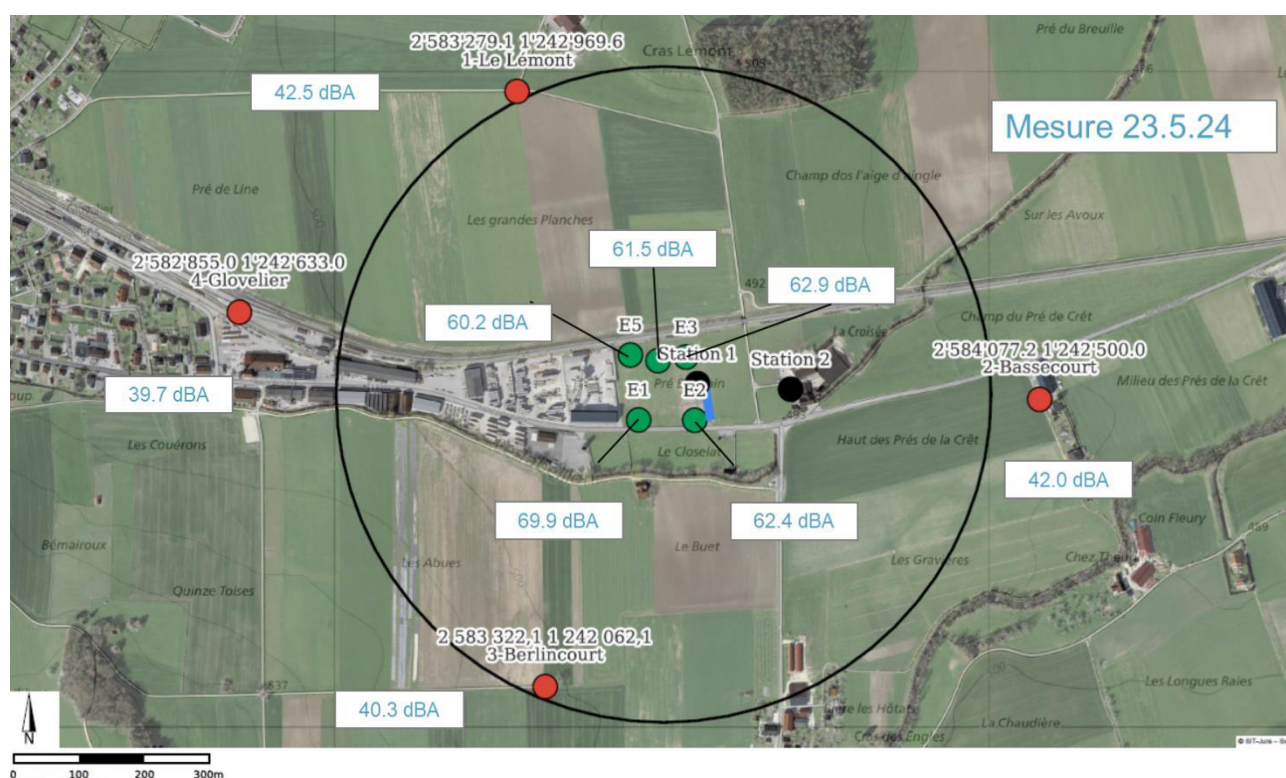


Figure 3 Synthèse des mesures brutes Leq

La durée de la phase de forage est clairement dominante dans la phase initiale (par rapport à la phase de « roundtrip », à titre d'exemple : un seul changement de tiges (30 min.) sur les 5 heures de présence le 23 mai). La présente série de mesures décrit uniquement la phase de forage, qui est par ailleurs la plus bruyante sur l'ensemble des activités qui se succèdent sur le site.

De manière générale, les mesures sont homogènes et indiquent les niveaux sonores suivants :

- ♦ environ 60 à 63 dBA en périphérie de la place de forage
- ♦ environ 40 à 42 dBA au niveau des quatre points éloignés (environ 500 m, cercle noir sur la figure)

Le bruit de la phase de forage est relativement constant et ne montrait pas de variation importante sur la durée d'une mesure. Par moment, un léger « cliquetis » provenant de la rotation du train de tige était perceptible. L'exploitant a indiqué à ce sujet que des conditions d'exploitation spécifiques aux premiers temps du forage expliquent ce phénomène (progression lente, peu de poids-propre du train de forage) et que celui-ci tend

généralement à se réduire dans la suite de la progression. L'analyse des données de mesure en continu (voir chapitre 6.4) confirme que les jours des 23 et 24 mai ont été plus bruyants que les autres jours.

Pour chaque série de mesures d'immission (points 1 à 4), le bruit produit par le site de forage était dominant par rapport au bruit de fond. Les résultats qui en découlent ont été globalement peu influencés par des conditions externes ou des sources de bruit parasites et donnent une représentation de la situation avec une bonne fiabilité. Les influences suivantes peuvent toutefois être mentionnées :

- ◆ Le bruit de la rivière était clairement audible au point 2 à Bassecourt (Sorne distante de 200 mètres environ) de même des clochettes de bétail (ferme distante de 250 m au sud)
- ◆ La reprise du trafic sur l'autoroute A16 et les premiers chants d'oiseaux au lever du jour étaient clairement audibles au point 1-Le Lémont
- ◆ Une légère brise nocturne et le bruissement de feuilles a été constaté lors de la mesure au point 3 à Berlincourt

4.2 Mesures en continu

Les deux stations de mesures fixes fournissent des résultats de mesure en continu, particulièrement utiles pour l'interprétation des effets et la compréhension globale des activités qui se déroulent sur le site.

Les résultats des mesures à la station 2 constituent par ailleurs la référence principale pour caractériser et évaluer le bruit à la ferme des Croisées.

A titre illustratif, la figure suivante présente l'évolution des niveaux sonores dans la nuit du 22 au 23 mai. La tranche horaire qui correspond aux mesures ponctuelles et soulignée par le cadre rouge.

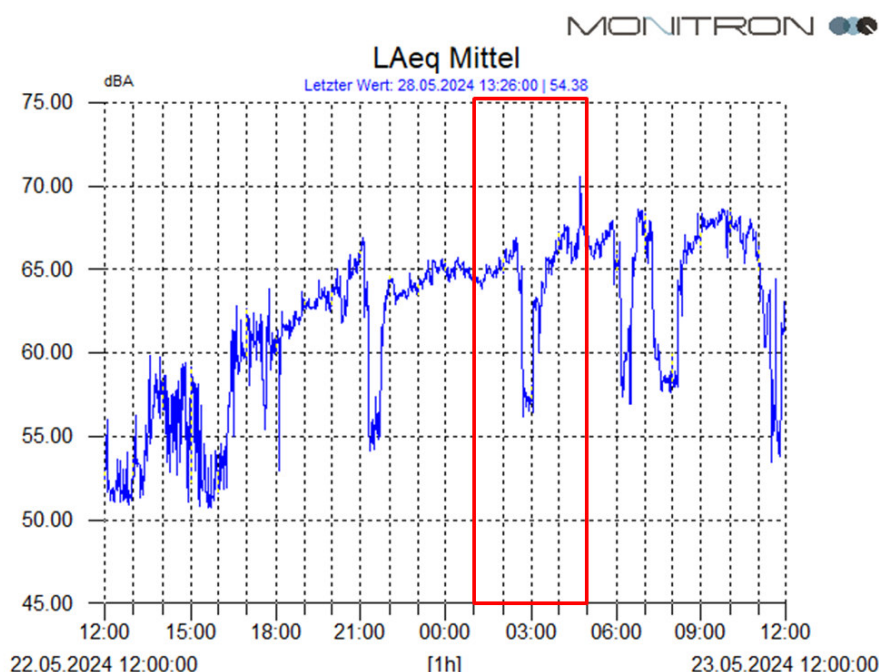


Figure 4 Illustration des résultats produits par la station de mesure n° 1

5 Comparaison avec la situation théorique du modèle de bruit

Le modèle théorique établi pour la foreuse de Red Drilling a été utilisé et légèrement adapté pour établir des pronostics de bruit comparables aux valeurs mesures sur la place de forage.

Pour mémoire, les sources sonores considérées sont reportées dans le tableau ci-dessous (base : modélisation du bruit en phase de forage, rapport CSD Ingénieurs du 28 septembre 2022).

Foreuse RED

Phase de forage							
Élément de la place de forage	Puissance acoustique dB(A)	Hauteur de la source [m]	Correction selon l'annexe 6 OPB				
			k1 dB(A)	k2 dB(A)	k3 dB(A)	Total dB(A)	ti/t0
Plateforme	84.0	7	5	4	0	9	0.85
Stock de tiges	83.0	2	5	4	0	9	0.85
Stock de tiges	83.0	2	5	4	0	9	0.85
Système de levage	78.0	1	5	4	0	9	0.85
Tamis	100.2	4	5	4	0	9	0.85
Tamis	100.2	4	5	4	0	9	0.85
Pompe à boue 1	95.0	2	5	4	0	9	0.85
Pompe à boue 2	95.0	2	5	4	0	9	0.85
Pompe à boue 3	95.0	2	5	4	0	9	0.85
TopDrive 35m	98.7	35	5	4	0	9	0.85
TopDrive 22m	98.7	22	5	4	0	9	0.85
TopDrive 10m	98.7	10	5	4	0	9	0.85
Centrifugeuse	93.0	4	5	4	0	9	0.85
Centrifugeuse	93.0	4	5	4	0	9	0.85

Figure 5 Sources sonores considérées dans le modèle

Pour les besoins de la présente comparaison des émissions, les facteurs K ont été portés à 0 et la durée de la phase de forage à 100% ($t_i/t_0=1$). Les niveaux sonores ont été déterminés par modélisation pour chacun des points E1 à E5 ayant fait l'objet de mesures de bruit effectives sur le terrain. Les résultats comparatifs sont synthétisés à la figure suivante :

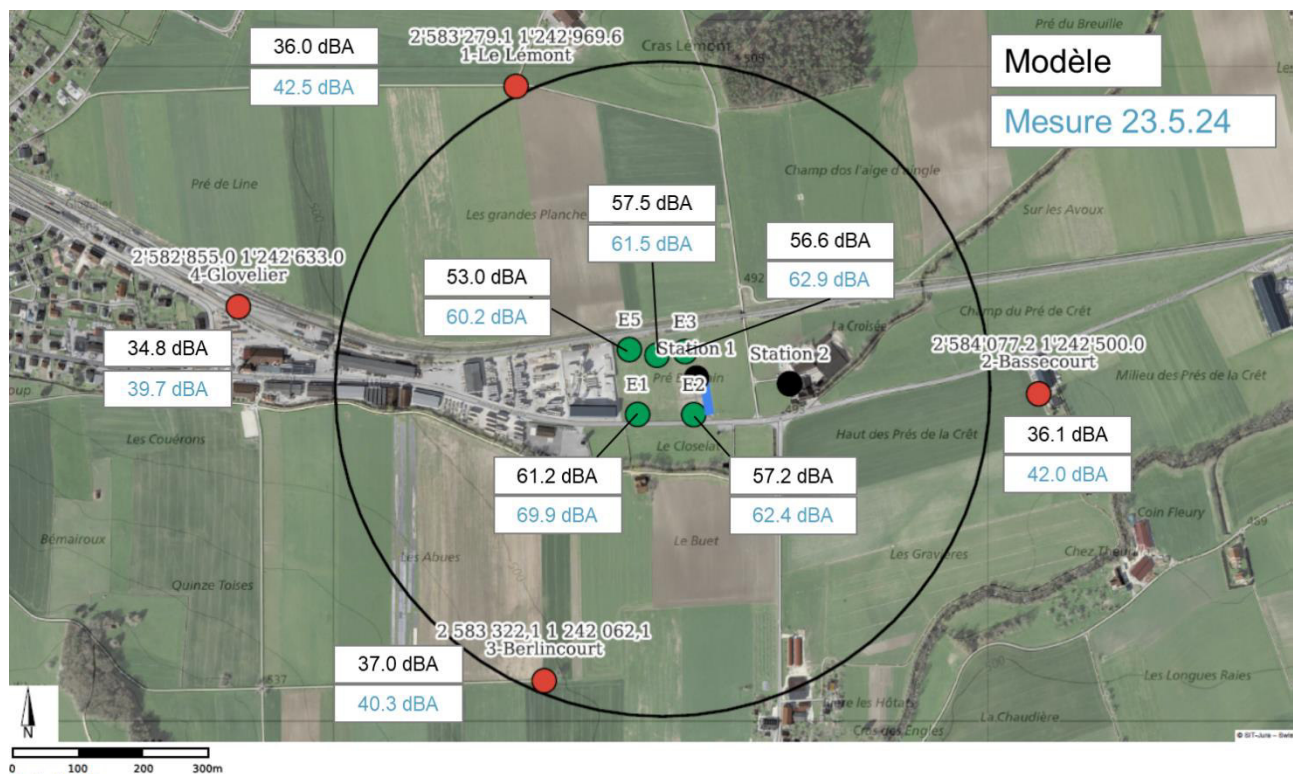


Figure 6 Comparaison des résultats des mesures avec les valeurs théoriques issues du modèle de bruit

On constate des différences significatives de l'ordre de :

- ◆ 4 à 7 dBA pour les valeurs à l'émission (points e1 à E5)
- ◆ 4 à 6 dBA pour les valeurs à l'immission (points 1 à 4)

Lors de la nuit du 23 mai, les valeurs mesurées étaient clairement supérieures aux pronostics tirés du modèle. Aucun motif évident ne permet d'expliquer rationnellement les différences observées, ces dernières étant manifestement la résultante de multiples facteurs (incertitudes du modèle et des mesures, puissance acoustique plus élevée qu'annoncé pour un ou plusieurs composants, reflet d'une situation d'exploitation particulièrement bruyante la nuit du 23 mai, ...).

6 Evaluation de la conformité OPB

6.1 Méthode d'appréciation

Pour l'appréciation de la conformité légale de l'installation sur la base de l'annexe 6 OPB, un niveau d'évaluation sonore L_r doit être déterminé au niveau de la façade de chaque bâtiment directement exposé au bruit de l'installation (valeur à comparer à la VLI de l'OPB).

Dans le cadre de la présente évaluation, la transposition des résultats bruts des mesures (L_{eq}) vers une situation effective correspondant à celle des locaux à usage sensible au bruit n'a pas été effectuée. Le niveau d'évaluation L_r a en revanche été déterminé pour chaque point de mesure, dans les quatre directions cardinales. Les zones d'habitations concernées étant systématiquement situées à une distance supérieure à celles des points d'évaluation, les conclusions sont y sont applicables par analogie.

Pour la ferme des Croisées, la situation à la station de mesure n°2 a servi de base d'évaluation (distante de 20 m de l'habitation).

6.2 Correction de niveau OPB

L'évaluation selon l'annexe 6 OPB implique la prise en compte de facteurs correctifs K_1 à K_3 , permettant de nuancer l'appréciation et inclure les caractéristiques spécifiques du bruit perçu, en particulier ses composantes tonales et impulsives.

Dans le cas présent, les différentes observations effectuées à plusieurs reprises dans un périmètre éloigné ainsi que lors des mesures ponctuelles du 23 mai révèlent que le bruit perçu de la phase de forage correspond à un ronronnement assez sourd et diffus. Aucune source particulière ne se distingue des autres. Par moment, un léger cliquetis (vibration ou mouvements de pièces métalliques) peut se distinguer au niveau de la tour de forage. Il n'y a toutefois pas véritablement de bruits de chocs (ou impulsif) qui se distingue.

Une composante tonale de basse-fréquence (bande 31 Hz) se distingue dans certaines analyses fréquentielles et confirme le ressenti de bruit « sourd » clairement identifiable à proximité immédiate des installations, mais qui devient toutefois plus discret en s'éloignant du site.

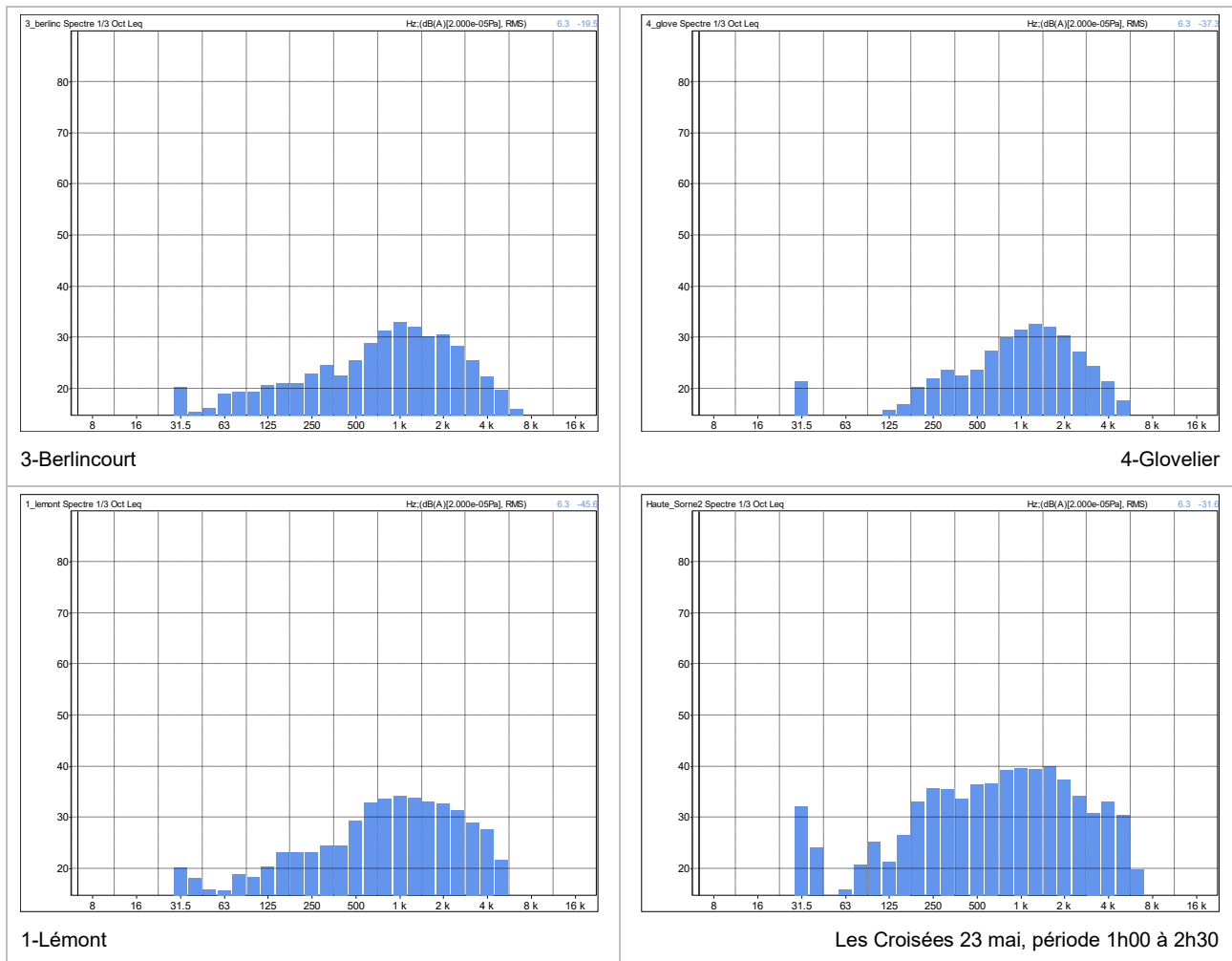


Figure 7 Analyse fréquentielle sur la période des mesures ponctuelles du 23 mai

Sur la base des mesures et observations effectuées sur place, au droit des locaux et habitations à protéger, l'appréciation suivante peut être donnée concernant la correction de niveau OPB :

- ◆ Facteur K1 : déterminé de manière fixe pour les installations industrielles : **+5 dBA**
- ◆ Facteur K2 – composantes tonales : l'audibilité des composantes tonales est présente, due majoritairement aux tamis, aux pompes et au top drive, de manière irrégulière et plutôt dans la gamme de basses-fréquences. Elle est qualifiée de **faible au niveau des points 1 à 4 éloignés : +2 dBA**. Elle est qualifiée de **nette au niveau de la ferme des Croisées : +4 dBA**
- ◆ Facteur K3 – composantes impulsives : pas d'effet marqué caractéristique au cours de la phase de forage, les bruits occasionnels de légers chocs métalliques que l'on peut constater sur place ne sont quasiment pas perceptibles à distance (> 500 m) ni au-delà de la paroi antibruit (Ferme les Croisées). **Audibilité nulle : +0 dBA**

La somme des facteurs correctifs selon annexe 6 OPB est donc de + 7 dBA pour les zones d'habitation environnantes et de +9 dBA pour le cas de la ferme des Croisées.

Pour mémoire, la somme des facteurs correctifs K admis à l'occasion de la modélisation de l'EIE pour la phase de forage était de +9 dBA (K1=5, K2=4, K3=0).

6.3 Zones d'habitation des villages voisins

6.3.1 Détermination des niveaux d'évaluation Lr

Les niveaux d'évaluation Lr sont définis par l'addition des facteurs K OPB (ici + 7 dB, voir chapitre 6.2) au Leq résultant de la mesure de bruit du 23 mai.

Les résultats des niveaux d'évaluation Lr sont synthétisés à la figure suivante :

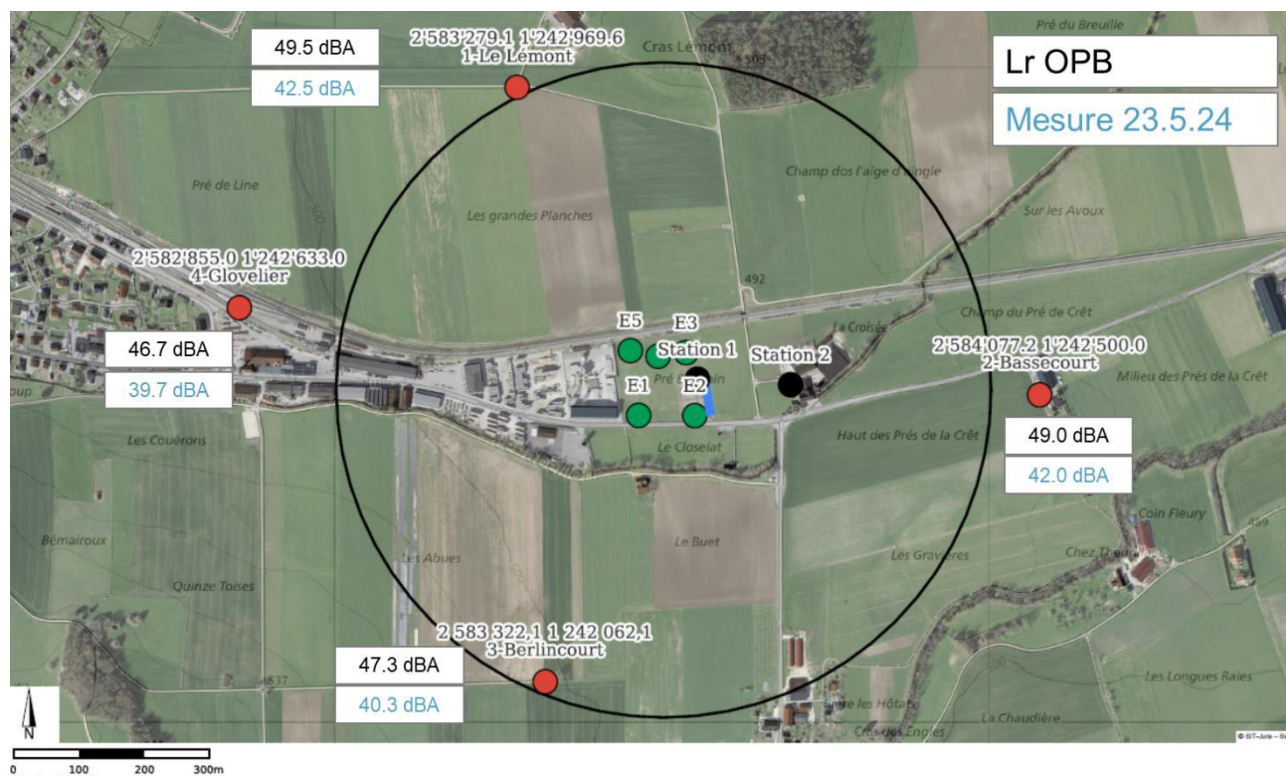


Figure 8 Synthèse des mesures brutes Leq

6.3.2 Evaluation

Les niveaux d'évaluation OPB sont compris entre 47 et 50 dBA pour les quatre points d'évaluation retenus. La VLI de 55 dBA est par conséquent clairement respectée, avec une marge de plus de 5 dBA.

Par analogie, les VLI sont également respectées au niveau des habitations de chaque village ainsi qu'à la ferme du Lémont puisque ces derniers sont situés à une distance supérieure (et dans une direction similaire à celle du point de mesure).

6.4 Ferme des Croisées

6.4.1 Principe

Les mesures de bruit réalisées en continu à la station de mesure n°2 sont soumises à un bruit de fond important, même pour la période de référence nocturne 19h00 – 7h00, principalement associé au trafic sur la route cantonale et plus marginalement par le trafic ferroviaire, les activités agricoles et d'autres bruits divers (aboielements).

Ainsi, l'analyse de la période de référence (avant travaux) montre que le bruit de fond reste dominant en soirée (jusque vers 01h00) et reprend assez tôt en début de journée (dès 5h00 environ).

Pour les besoins de la présente évaluation, et afin d'isoler le bruit émis par la place de forage, les niveaux sonores ont été déterminés sur la période la plus calme au creux de la nuit, soit l'intervalle de 1h00 à 4h30.

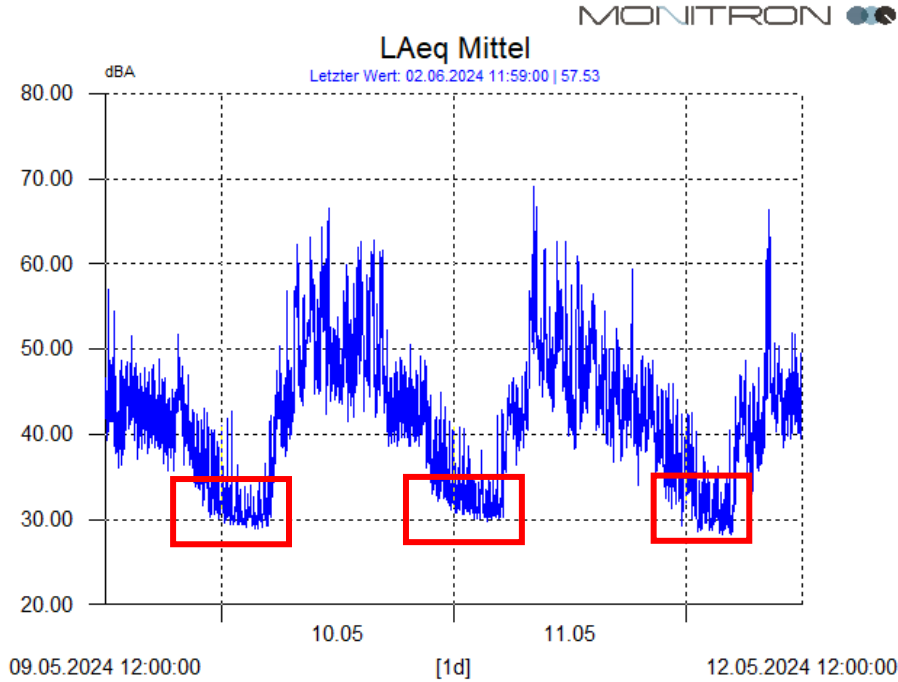


Figure 9 Illustration des périodes de calme entre 1h00 et 4h30 (état initial avant forage)

6.4.2 Détermination des niveaux d'immission

Les niveaux d'immission Leq ont été déterminés par traitement des données sur le logiciel spécialisé DBtrait. Pour la période de référence avant travaux, les niveaux sonores se présentent comme suit :

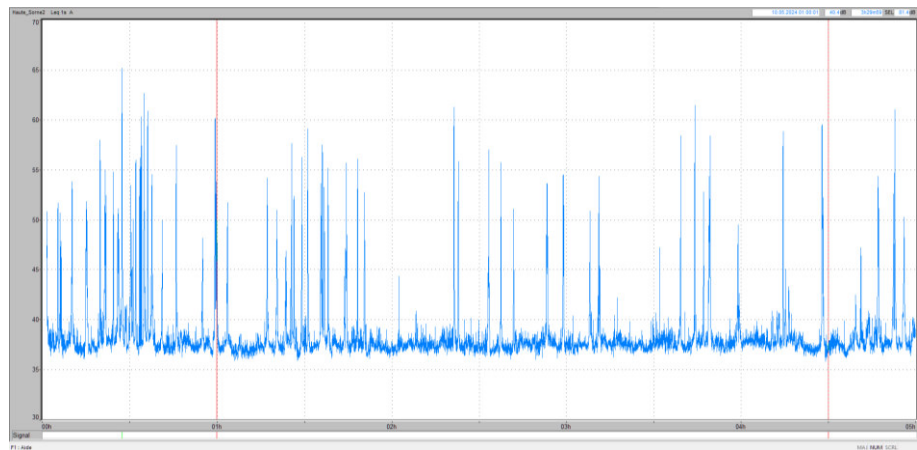
Tranches horaires	1h-4h30		
Jour	Leq dBA	Lmin dBA	Lmax dBA
Jeu 09.05.2024			
Ven 10.05.2024	40.4	35.8	61.4
Sam 11.05.2024	41.1	35.0	64.3
Dim 12.05.2024	41.6	34.4	63.0
Lun 13.05.2024	42.0	34.3	71.3
Mar 14.05.2024	41.5	34.1	62.9
Mer 15.05.2024	49.1	35.2	61.2
Jeu 16.05.2024	40.3	36.7	60.0
Ven 17.05.2024	46.7	42.0	63.5
Sam 18.05.2024	42.3	37.5	61.0
Dim 19.05.2024	43.8	36.9	67.2

Figure 10 Niveaux sonores de référence (état avant travaux, période 1h00 à 4h30)

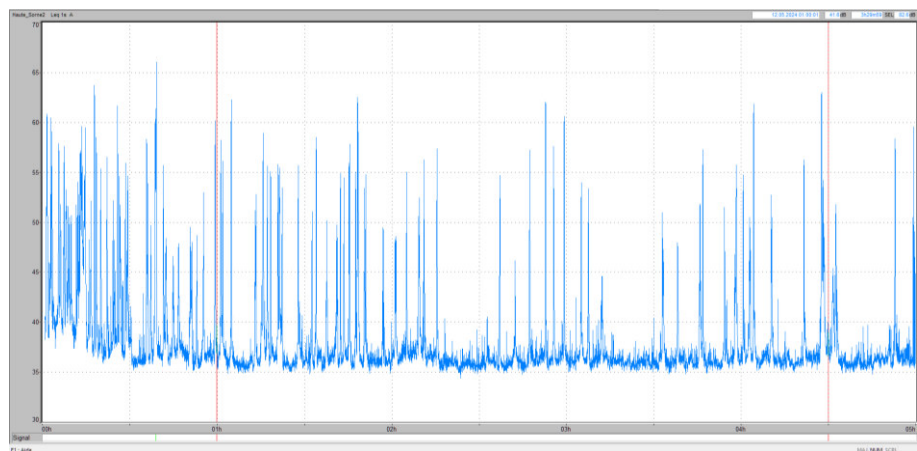
On constate que le niveau sonore de référence, avant travaux, **est de 41 à 42 dBA** au niveau de la station de mesure de la ferme des Croisées.

La situation est illustrée graphiquement par les exemples ci-dessous qui représentent des nuits caractéristiques et sans anomalie apparente.

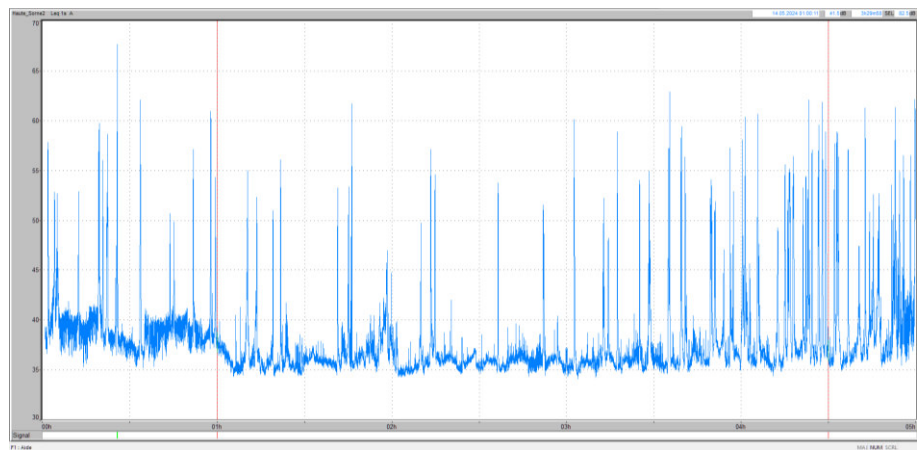
Vendredi 10 mai
Leq = 40.4



Dimanche 12 mai
Leq = 41.6



Mardi 14 mai
Leq = 41.5



Pour la période de forage de la section 1, les niveaux sonores se présentent comme suit :

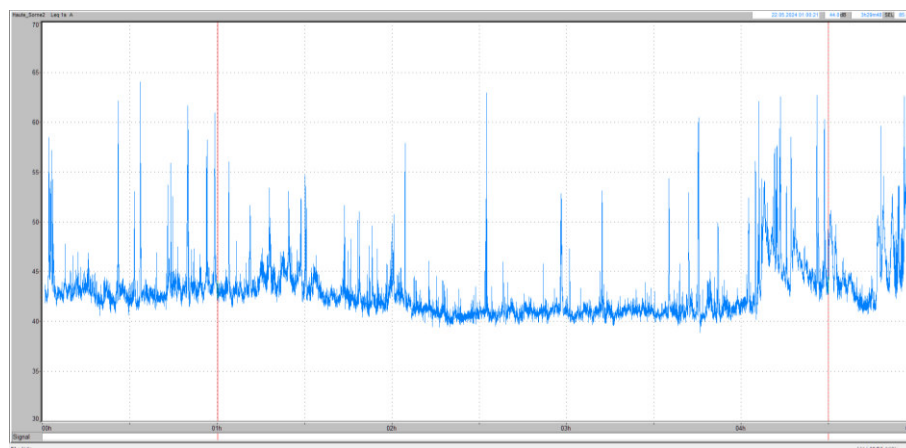
Tranches horaires	1h-4h30			
Jour	Leq dBA	Lmin dBA	Lmax dBA	
Lun 20.05.2024	45.7	36.2	79.1	
Mar 21.05.2024	43.6	37.8	60.9	
Mer 22.05.2024	44.0	38.9	62.9	Début forage section 1
Jeu 23.05.2024	50.0	40.8	61.5	
Ven 24.05.2024	53.2	38.3	83.6	
Sam 25.05.2024	46.1	36.8	62.4	
Dim 26.05.2024	46.4	39.1	62.2	
Lun 27.05.2024	45.4	41.6	62.3	Fin forage section 1
Mar 28.05.2024	42.0	36.8	69.7	
Mer 29.05.2024	45.6	37.3	68.1	

Figure 11 Niveaux sonores en phase de forage (période 1h00 à 4h30)

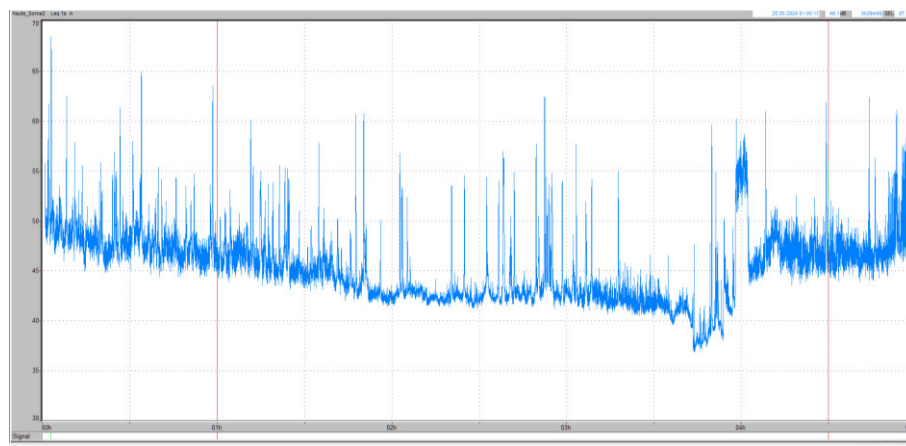
On constate que le niveau sonore associé aux travaux de forage a varié entre 44 et 53 dBA sur les 6 nuits de mesures à disposition. Les deux nuits du 23 et 24 mai indiquent des valeurs particulièrement élevées, imputables à des situations particulières de forage provoquant des émissions supérieures à celles des autres jours, et ne sont manifestement pas représentatives de la situation générale du forage actuel, ni de celle de la suite des opérations. Elles sont à considérer comme des exceptions et n'ont dès lors pas été prises en compte dans la présente appréciation. Les quatre autres nuits de forage indiquent pour leur part des niveaux sonores relativement homogènes **compris entre 44 et 46 dB**. Ce niveau peut être considéré comme représentatif d'une période nocturne de forage de la section 1.

La situation est illustrée graphiquement par les exemples ci-dessous qui représentent des nuits caractéristiques de forage :

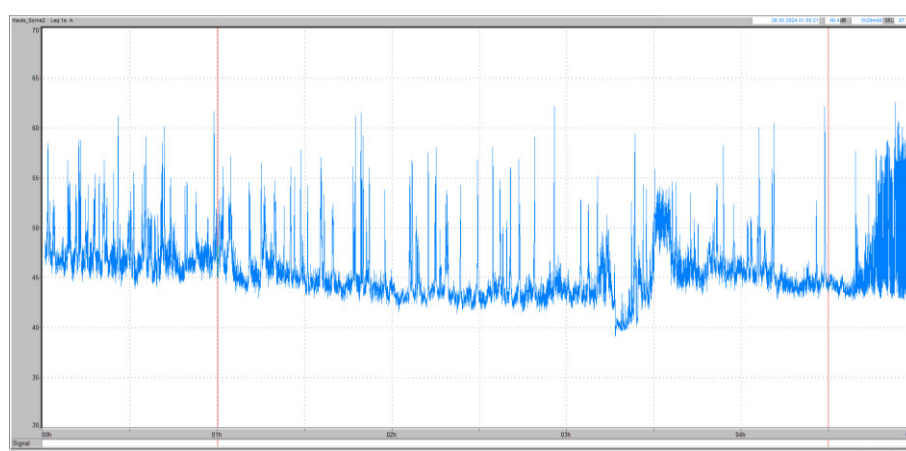
Mercredi 22 mai
Leq = 44.0



Samedi 25 mai
Leq = 46.1



Dimanche 26 mai
Leq = 46.4



6.4.3 Contexte local et incertitudes de mesures

Sur la base de ce qui précède, une valeur d'immission **Leq de 46 dBA** est retenue comme résultat des mesures du bruit de la première phase de forage au niveau de la station de mesure fixe n°2.

Pour déterminer le niveau d'immission caractérisant les fenêtres du premier étage de l'habitation de la ferme des Croisées, l'influence de deux facteurs doit encore être considérée :

- ◆ Le bruit de fond présent au cours de la période de mesure, principalement le trafic routier (les pics sonores traduisent le passage de véhicules). Déterminée par différence énergétique avec la valeur de la période de référence (46 dB-41.5 dB), la contribution de cette source **représente -1.9 dBA**
- ◆ Les locaux à usage sensible au bruit (chambres au 1^{er} étage) sont éloignés de 15 m supplémentaires des sources de bruit par rapport à la station de mesure n°2 (220 m contre 205). L'effet de cet éloignement supplémentaire **représente -0.6 dBA** ($20 \times \log(205/220)$)

Sur la base de ce qui précède, le niveau d'immission Leq considéré au droit des fenêtres du **1^{er} étage de la ferme des Croisées est de 44 dBA**.

6.4.4 Détermination du niveau d'évaluation Lr

Les niveaux d'évaluation Lr sont définis par l'addition des facteurs K de l'OPB (ici + 9 dB, voir chapitre 6.2) au Leq de 44 dBA résultant des calculs du chapitre précédent.

Le niveau d'évaluation **Lr est par conséquent de 53 dBA** au droit des fenêtres du 1^{er} étage de la Ferme des Croisées.

6.4.5 Evaluation

L'analyse des résultats des mesures de bruit en continu à proximité de la Ferme des Croisées indique que la valeur limite d'immission de l'OPB est respectée, avec une marge de 2 dBA.

Cette situation est proche du Lr théorique obtenu par modélisation et mentionné dans l'étude de bruit de 2022 (Lr=53.9 dBA).

7 Conclusion générale

Le monitoring du bruit du chantier de forage est réalisé dans le cadre du SER et a pour objectif de vérifier le respect des conditions fixées dans l'autorisation délivrée par les autorités cantonales (respect des VLI de l'OPB). Il est réalisé à l'aide de deux stations de mesure en continu installées sur le site du chantier ainsi qu'à proximité de la ferme des Croisées.

En complément à ces mesures en continu, une campagne de mesures ponctuelles a été réalisée au cours des premiers jours de forage, dans la nuit du 22 au 23 mai 2024 afin de juger des niveaux d'émissions sur le site et d'immissions pour les habitations les plus proches (hors ferme des Croisées).

Ces premières mesures indiquent que les valeurs d'émission tendent à être plus élevées que les pronostics du modèle théorique pour cette première phase de forage (5 jours). Il est toutefois à relever que la nuit du 23 mai ainsi que la suivante ont connu des niveaux d'émission plus élevés que les autres jours qui ont précédé ou suivi, ce qui tend probablement à une surestimation de la situation moyenne du bruit de forage si on se base sur ces seuls résultats.

L'interprétation des résultats des données à disposition au terme de la première section de forage montrent que les VLI de l'OPB sont clairement respectées au niveau des habitations des villages environnants, avec une marge importante et une confiance élevée. Les niveaux d'évaluation y sont dans tous les cas inférieurs à 50 dB(A).

Comme attendu, selon ce qu'indiquait déjà le modèle théorique, la situation est plus critique au niveau de la ferme des Croisées. Pour ce point, l'évaluation montre que la VLI de 55 dBA est approchée mais néanmoins respectée selon les données à disposition à ce stade. Le bâtiment d'habitation se trouve à faible distance des installations de forage et est de ce fait plus fortement exposé aux émissions sonores du chantier, bien qu'efficacement protégée par la paroi antibruit mise en place.

Afin de réduire au maximum les nuisances pour la ferme des Croisées et assurer le respect des VLI dans la suite des opérations de forage, nous recommandons de mettre en œuvre toutes les éventuelles mesures possibles et proportionnelles du point de vue constructif, organisationnel et opérationnel, permettant de limiter les émissions sonores durant la période nocturne (19h00 – 7h00). La mise en place de ces éventuelles mesures aura également un effet sur les autres périmètres habités, en particulier à Berlincourt.

Delémont, le 2 juin 2024

CSD INGENIEURS SA

G. Monin

Dir. succursale JU

D. Lehmann

Ing. en environnement

Annexe A Fiches de mesures de bruit du 23.5.2024

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E1

STATION

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 2h00 - 2h15 / 2h30 - 2h45
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'34.64 1°24'24.68
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

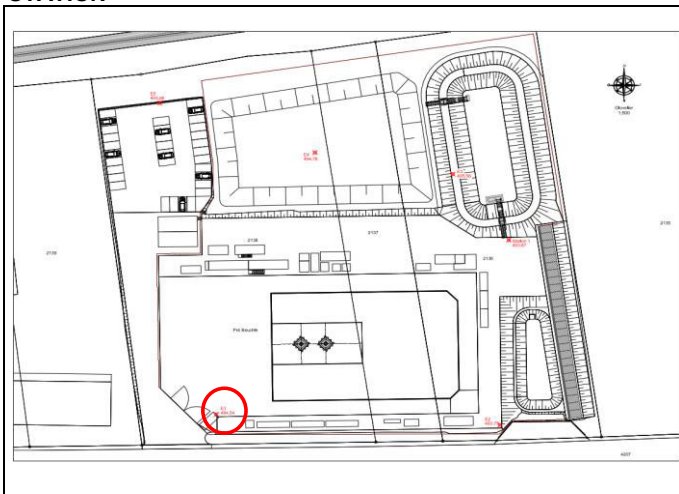
CONDITIONS

Température 8°C
Vent Nul
Météo Ciel clair

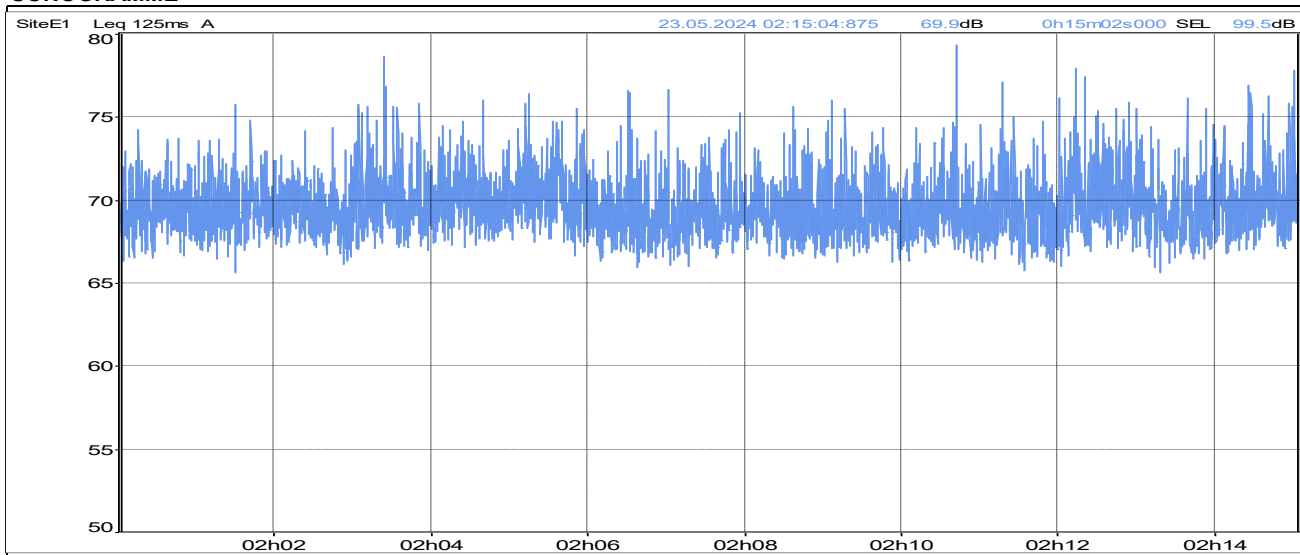
Leq = 69.9 dBA

REMARQUES

Mesure la plus proche de la tour
Top drive dominant
Aucun obstacle



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
2h00	Départ de la mesure	X			Top drive dominant
2h05	Voiture				
					Qq claquements métalliques tige forage
2h15	Fin mesure	X			Leq = 69.9 dBA (15 min)
2h30	Début changement tige				Allers-retours Top Drive
2h42	Arrêt giration TD		X		
2h45			X		Mesure Leq 61.9 dBA (15min)
3h05	Reprise forage				

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E1

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 1h42 - 1h57
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'550 1°24'468
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

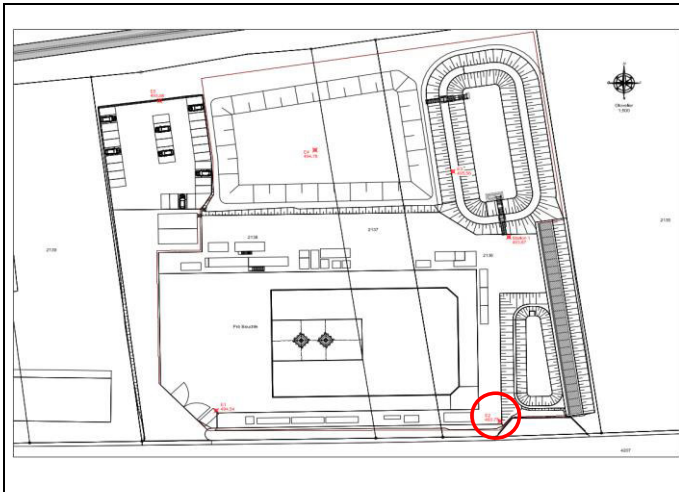
Température 8°C
Vent Nul
Météo Ciel clair

Leq = 62.4 dBA

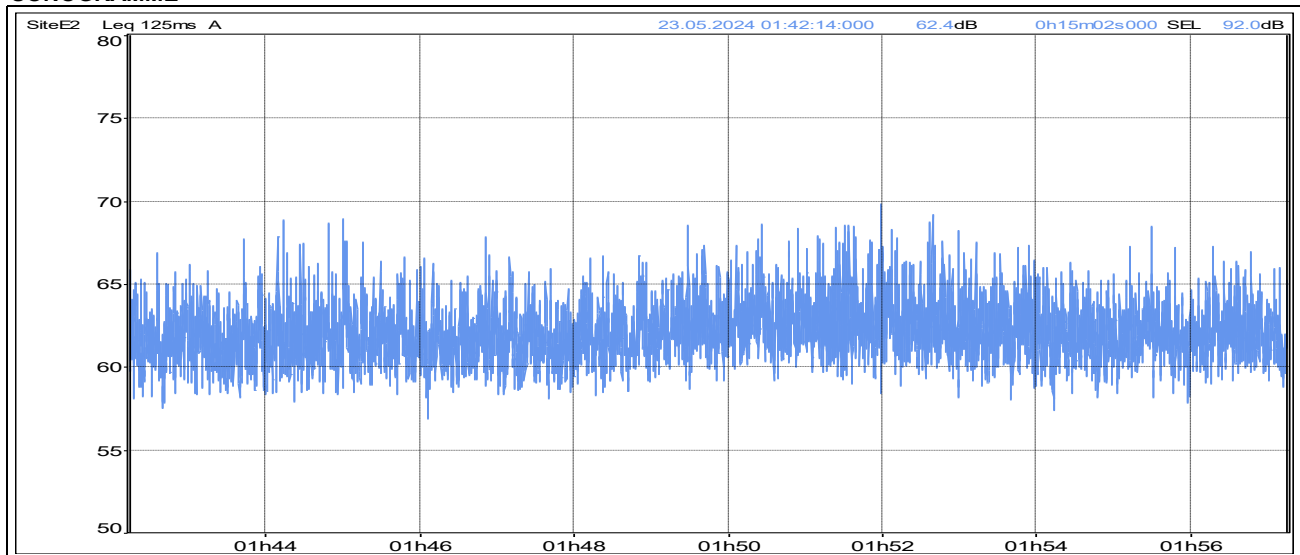
REMARQUES

Top drive dominant
Sifflements pompes
Aucun obstacle

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h42	Départ mesure	X			Top drive dominant + sifflements pompes
1h46	Emissions régulières				
	Pas de voiture sur route cantonale	X			
1h52					
1h57	Fin mesure	X			Leq = 62.4 (15 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E3

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 1h23 - 1h38
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'537 1°24'564
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

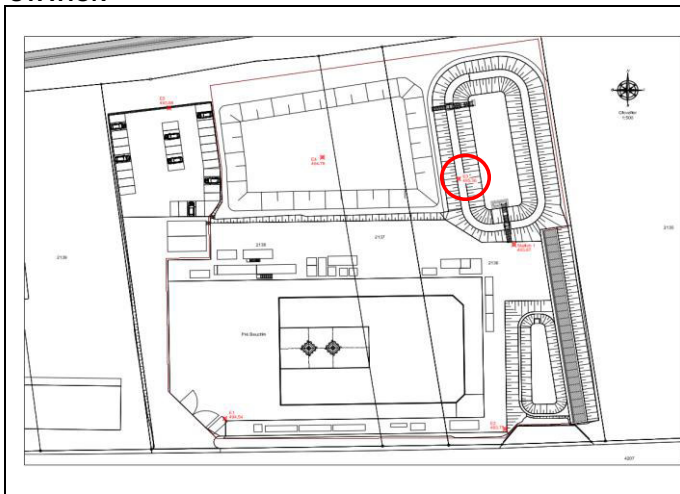
Température 8°C
Vent Nul
Météo Ciel clair

Leq = 62.9 dBA

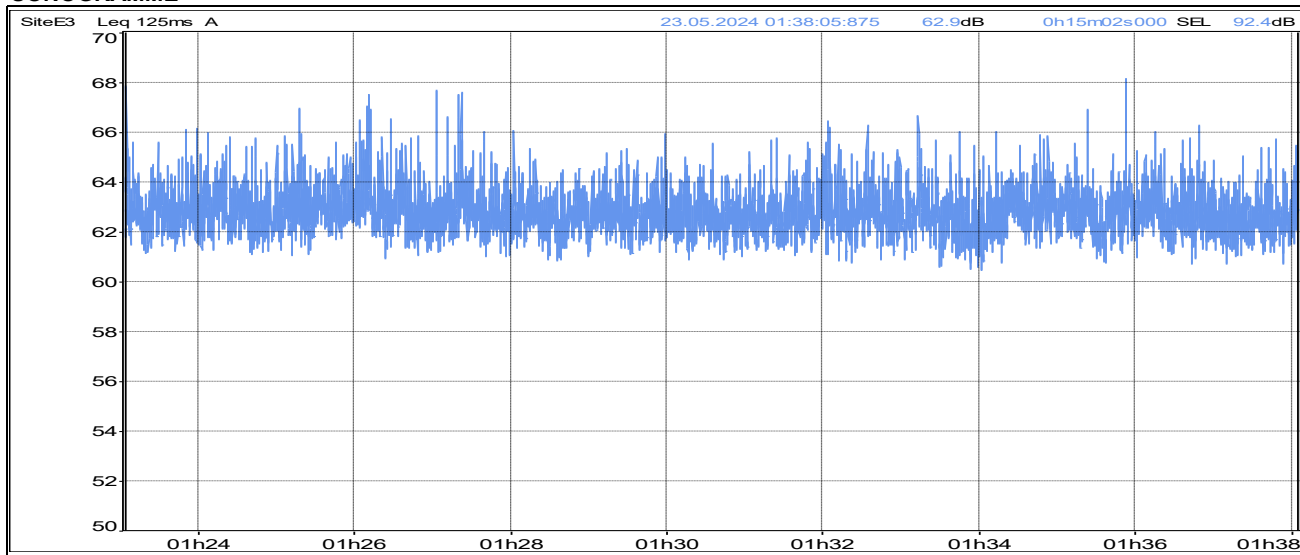
REMARQUES

Vue sur pompes et tamis

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h23	Départ mesure	X			Entre chocs légers Top drive
					Sifflement pompes
					Ronronement basse fréquence tamis (?)
	Pas de bruit parasite	X			RAS
	Emissions constantes et régulières				
1h38	Fin de mesure	X			Leq = 62.9 (15min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E1

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 1h03 - 1h18
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'34.94 1°24'25.59
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

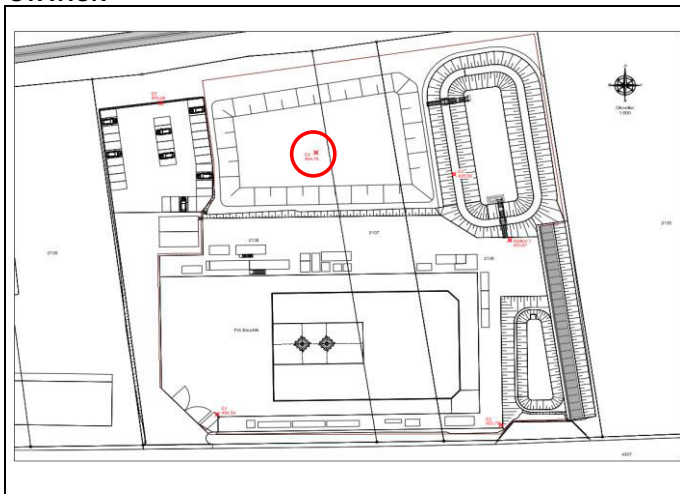
Température 10°C
Vent Nul, léger
Météo Ciel clair

Leq = 61.5 dBA

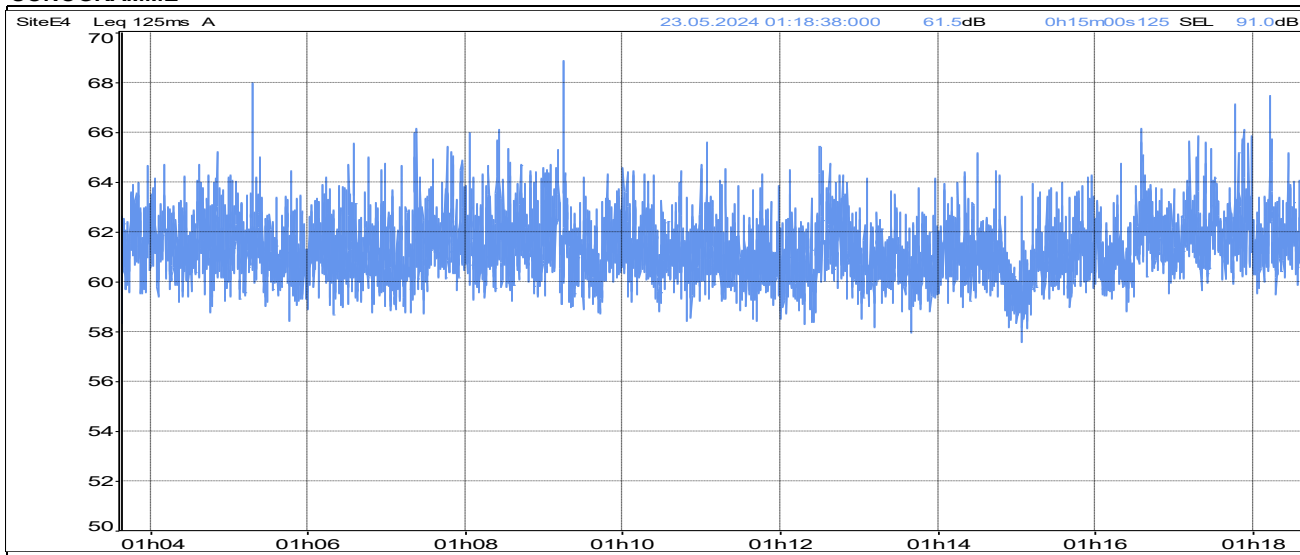
REMARQUES

Vue directe sur tour forage, aucun écran

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h03	Départ mesure	X			
					Cliquetis Top drive
	RAS, pas de bruit parasite				
	Emissions constantes et régulières				± basses fréquences tamis
					± sifflements pompes (haute fréquence)
1h18	Fin de mesure	X			Leq = 61.5 dBA (15min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E1

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 0h38 - 0h55
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'452 1°24'567
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

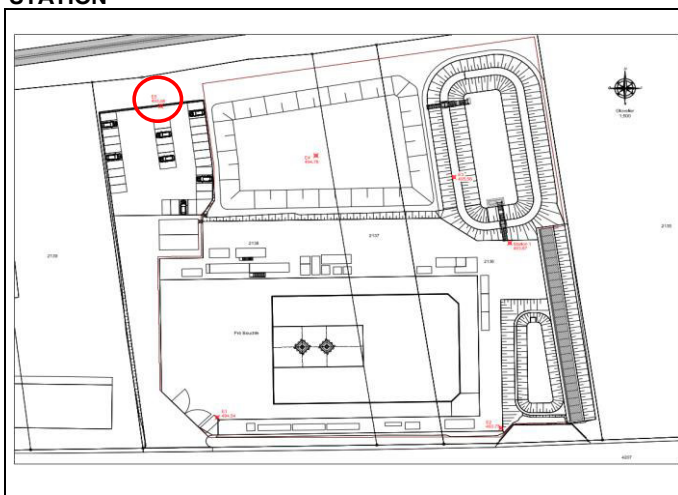
Température 10°C
Vent Nul
Météo Ciel clair

Leq = 60.2 dBA

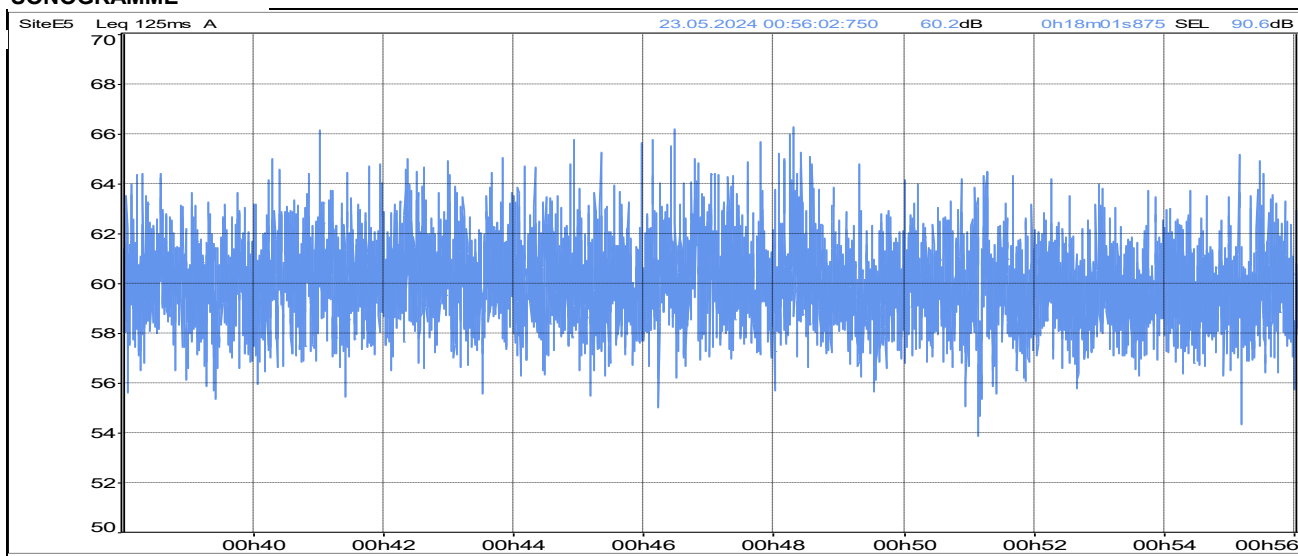
REMARQUES

1 changement de tige toutes les 2-3 heures
prochaine vers 2h00 du matin
progression assez lente actuellement

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
0h38	Départ mesure	X			Rotation top drive, bruit ronronnement quelques légers chocs
0h50	Pas de bruit parasite	X			RAS
	Emissions très stables et constantes				Ecran par containers
0h55	Fin de mesure				Leq = 60.2 dBA (18 min)
0h57	Train RE				

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 1-Lémont

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 4h40 - 4h52
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'279 1°24'2969
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

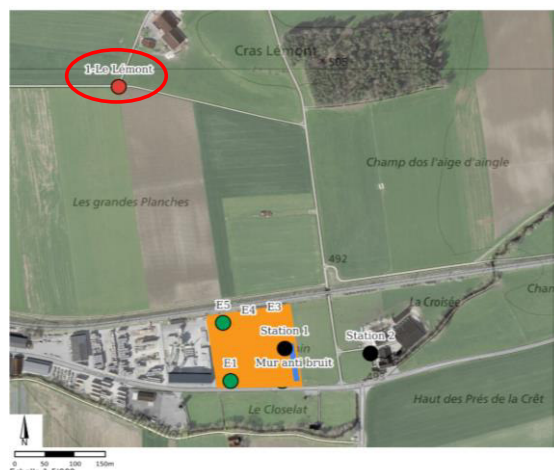
Température 8°C
Vent Nul
Météo Ciel clair

Leq = 42.5 dBA

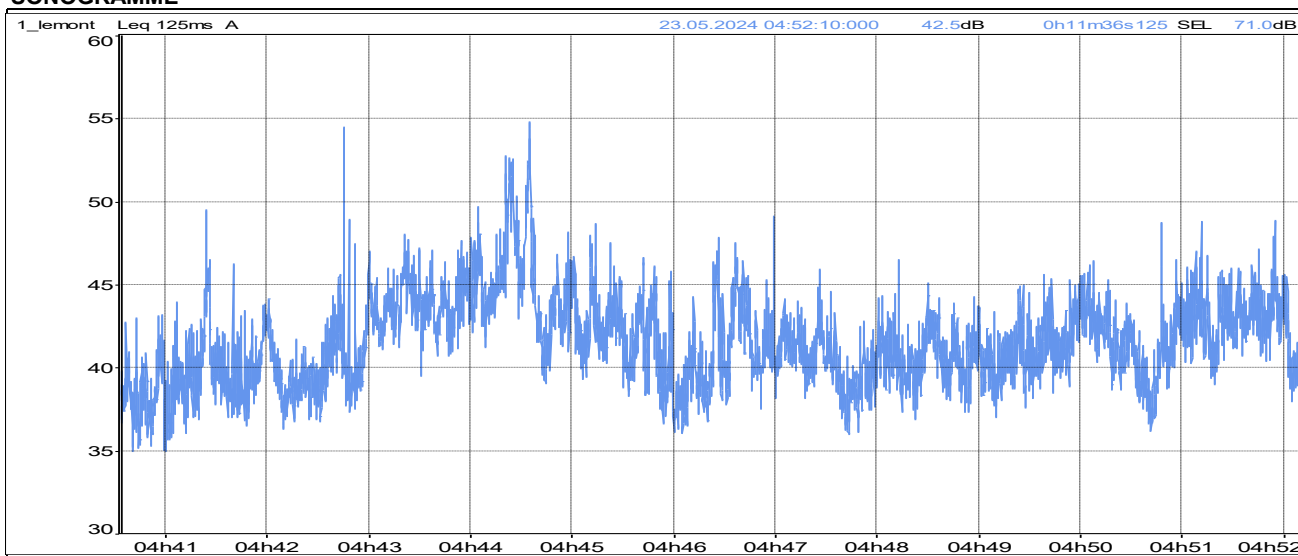
REMARQUES

Portail A16
Reprise trafic au matin
Premiers chants d'oiseaux et avions de ligne

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
4h40	Départ mesure	X			Vue directe Top Drive dominant
					Circulation A16 en bruit de fond
4h52	Fin mesure	X			Cliquetis métalliques bruit chocs léger
					Leq = 42.5 (11 min)
4h52	Train				
	Bruit de fond croissant au levé du jour → arrêt mesure				

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 2-Bassecourt

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 4h19 - 4h27 / 4h28 - 4h33
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'077 1°24'2'499
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

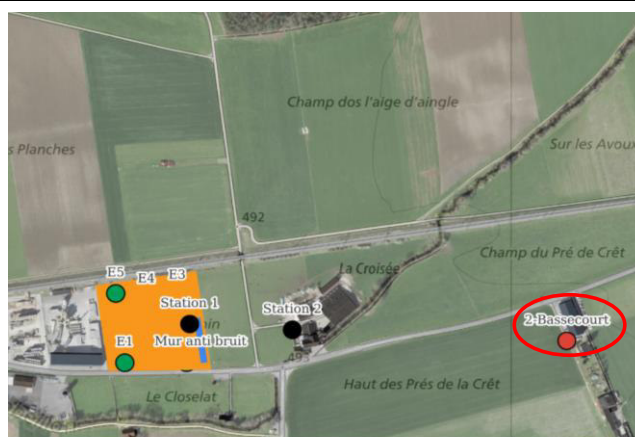
Température 8°C
Vent Nul
Météo Ciel clair

Leq = 42.0 dBA

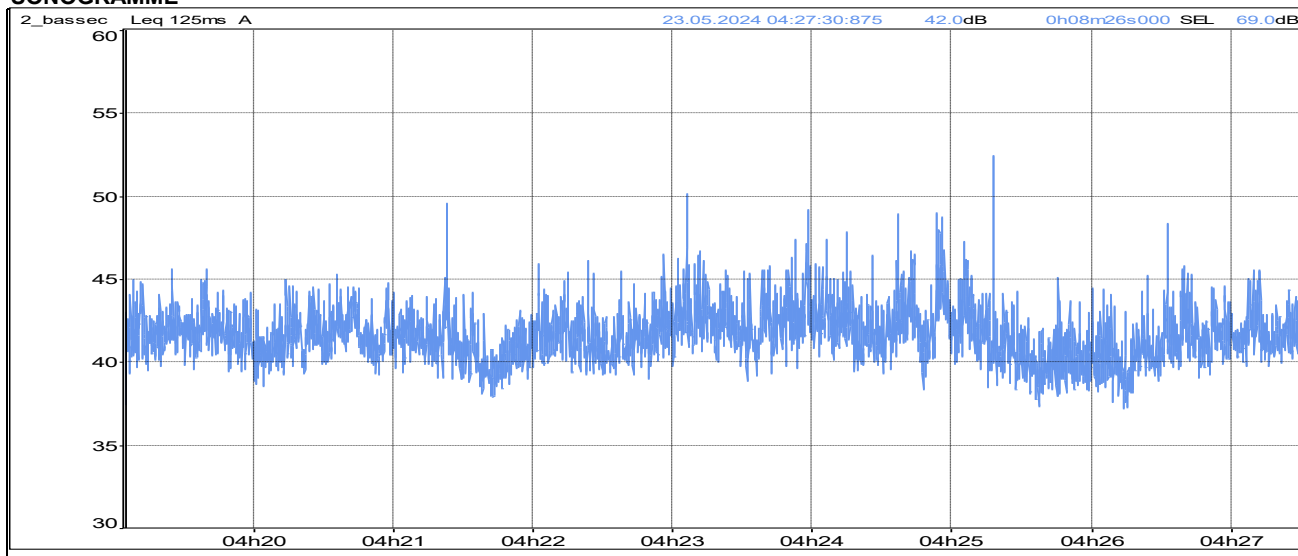
REMARQUES

Sorne + clochettes betail
Tour visible, haut non masqué par PAB

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
4h19	Début mesure 1	X			Sorne au loin
					Bruit forage audible au loin
					Cliquetis TD
					Pas de composante tonale
4h27	Fin mesure				Leq = 42 dBA (8min)
	Arrêt mesure → train + voitures				

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 3-Berlincourt

DONNÉES GENERALES

Date 23.05.2024
Heures début-fin 3h23 - 3h48
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'322 1°24'062
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

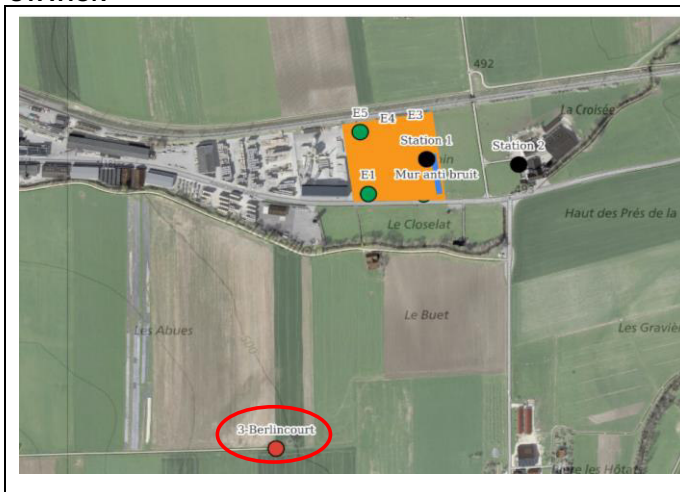
Température 8°C
Vent Léger vent
Météo Ciel clair

Leq = 40.3 dBA

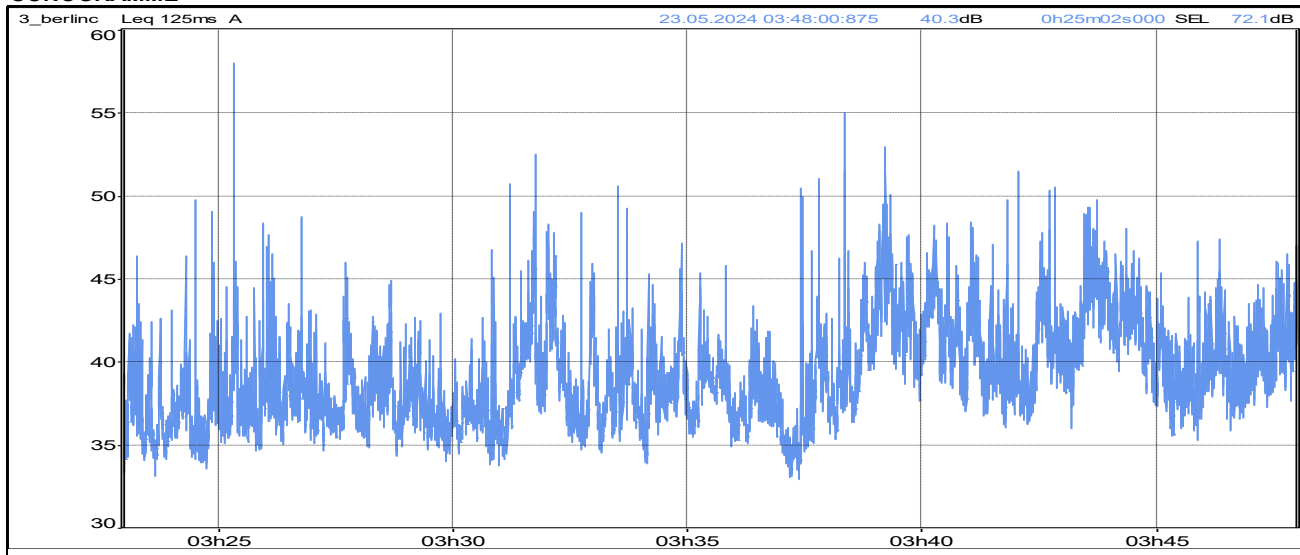
REMARQUES

Bruit feuillage arbre, légère brise
Vue directe, aucun obstacle

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h23	Début mesure	X			Audible légèrement au loin
					Cliquetis métallique top drive
					Pas de composante tonale
	Pas de bruit parasite	X			
	Léger vent du sud				
3h48	Fin mesure	X			Leq = 40.3 dBA (25 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 4-Glovelier

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	23.05.2024
Heures début-fin	3h57 - 4h12
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'855 1°24'2'633
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

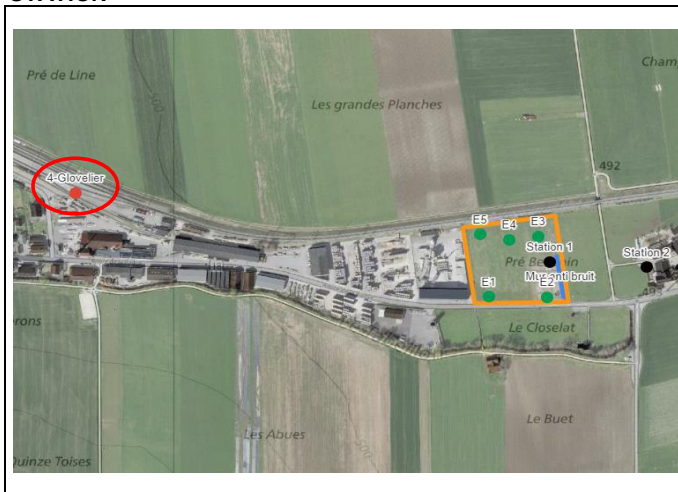
CONDITIONS

Température	8°C
Vent	nul, faible
Météo	Ciel clair

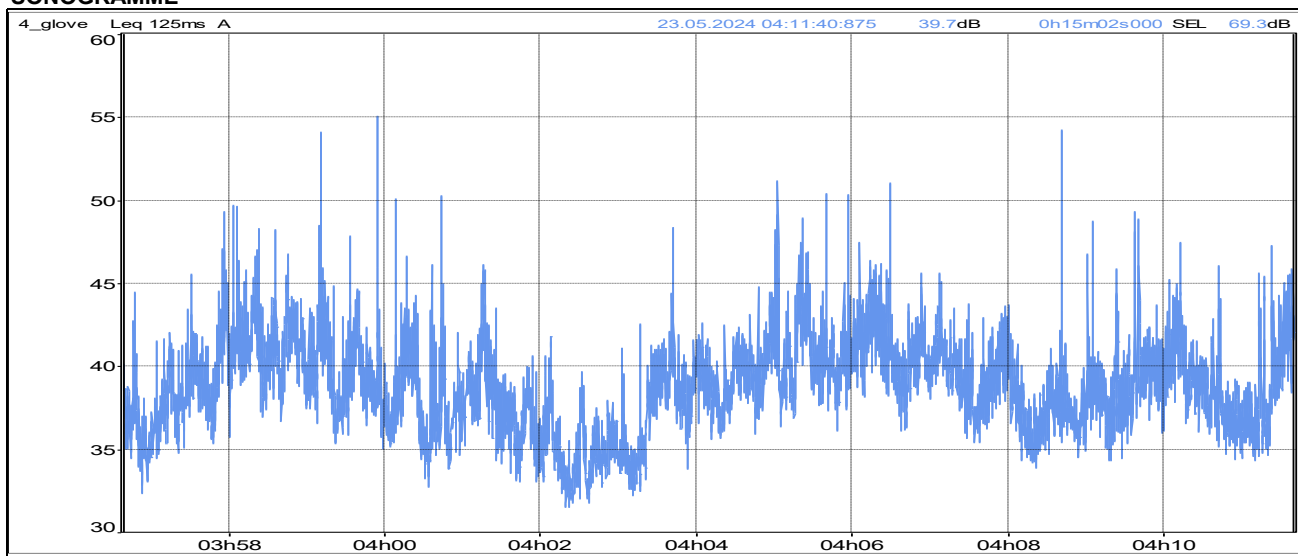
Leq = 39.7 dBA

REMARQUES

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h57	Début mesure	X			Cliquetis audibles au loin
	Pas de vent				
	Pas de bruit parasite				Vue directe, pas d'obstacle
4h00	Cloches des églises 2x				Pas de composante tonale
4h12	Fin mesure	X			

CSD INGENIEURS SA
Rue de la Jeunesse 1
Case postale
CH-2800 Delémont 1
+41 32 465 50 30
delemont@csd.ch
www.csd.ch

CSD INGENIEURS 
INGÉNIEUX PAR NATURE



Géothermie profonde Haute-Sorne

Evaluation du bruit du forage de la section 3

Note de synthèse conformité OPB

Delémont, le 3 juillet 2024 / FCH11573.04

Table des matières

1	Contexte et objectifs	1
2	Méthodes de mesure du bruit	1
3	Phase de forage et nature du bruit	2
4	Résultats des mesures	3
4.1	Mesures ponctuelles du 25 juin 2024.....	3
4.2	Mesures en continu	5
5	Comparaison avec la situation théorique du modèle de bruit	7
6	Evaluation de la conformité OPB	8
6.1	Méthode d'appréciation	8
6.2	Correction de niveau OPB	8
6.3	Zones d'habitation des villages voisins	9
6.3.1	Détermination des niveaux d'évaluation Lr	9
6.3.2	Evaluation.....	9
6.4	Ferme des Croisées	10
6.4.1	Principe	10
6.4.2	Détermination des niveaux d'immission.....	10
6.4.3	Contexte local et incertitudes de mesures	13
6.4.4	Détermination du niveau d'évaluation Lr.....	14
6.4.5	Evaluation.....	14
7	Conclusion générale	15

Liste des figures

Figure 1	Localisation des 9 points de mesures ponctuelles (en vert et rouge) et des deux stations de mesure fixes (en noir)	2
Figure 2	Illustration de l'avancement des travaux de forage (état au 3 juillet 2024) et des dates de mesures ponctuelles du bruit.....	3
Figure 3	Synthèse des mesures brutes Leq.....	4
Figure 4	Illustration des résultats produits par la station de mesure n° 1 le 25 juin (environ 58 dBA entre 0h00 et 5h00).....	5
Figure 5	Illustration des résultats produits par la station de mesure n° 1 le 23 mai (environ 65 dBA entre 0h30 et 5h00).....	6
Figure 6	Sources sonores considérées dans le modèle	7
Figure 7	Comparaison des résultats des mesures avec les valeurs théoriques issues du modèle de bruit 7	
Figure 8	Synthèse des mesures brutes et des niveaux d'évaluation Lr OPB pour les 4 points d'évaluation éloignés 9	
Figure 9	Illustration des périodes de calme entre 1h00 et 4h30 (état initial avant forage)	10
Figure 10	Niveaux sonores de référence (état avant travaux, période 1h00 à 4h30).....	11
Figure 11	Niveaux sonores en phase de forage de la section 3 (période 1h00 à 4h30)	12

Liste des annexes

Annexe A	Fiches de mesures de bruit du 25.6.2024.....	16
----------	--	----

1 Contexte et objectifs

Les opérations de forage ont débuté le 21 mai 2024 sur le site de la géothermie à Glovelier. En réponse aux exigences formulées dans l'autorisation délivrée par le Canton, les niveaux sonores doivent être mesurés et documentés dès les premiers temps d'activité de forage.

Le principe de suivi est décrit dans le concept de monitoring du bruit approuvé dans la phase préparatoire (CSD Ingénieurs SA, document du 8 novembre 2023).

L'équipement de mesure du bruit en continu (deux stations fixes) a été installé et est opérationnel depuis le 9 mai 2024. Il permet de documenter l'évolution du bruit au jour le jour sur le site et au niveau de la ferme voisine des Croisées. En complément, une première campagne de mesure ponctuelles a été réalisée le 23 mai en différents points. Les résultats de ces mesures de bruit ont permis de faire un premier bilan de la situation et d'évaluer la conformité des activités avec les objectifs et exigences posées (rapport CSD Ingénieurs SA du 2 juin 2024).

D'entente avec l'exploitant et l'Office cantonal de l'environnement, une deuxième campagne de mesures ponctuelles du bruit a été réalisée le 25 juin 2024. A cette période, le forage est entré dans sa 3^e section et a atteint une profondeur de 2'200 mètres environ. Les résultats et l'interprétation des mesures de bruit du 25 juin font l'objet du présent rapport de synthèse.

Les valeurs de référence ainsi que la méthode d'évaluation du bruit sont définies par l'Ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit (OPB, annexe 6). Compte tenu de l'activité continue sur le site (24h sur 24), la période nocturne constitue le point d'attention principal. L'exigence fixée dans l'autorisation d'exploiter tient au respect des valeurs limites d'immission de l'OPB pour tous les locaux à usage sensible au bruit du voisinage. Pour le degré de sensibilité au bruit DS III, applicable dans le secteur concerné pour les habitations les plus proches à la périphérie du site, la VLI est de 55 dB durant la nuit, ce qui constitue l'objectif à respecter.

2 Méthodes de mesure du bruit

Deux stations de mesure en continu ont été installées et sont actives depuis le 9 mai (points noirs à la figure ci-dessous) :

- ◆ Station 1 : interne à la place de forage
- ◆ Station 2 : à proximité de la ferme des Croisées

Les résultats des mesures sont téléchargeables à distance.

En complément à ces mesures en continu, une campagne de mesures ponctuelles a été réalisée au cours des premiers jours de forage, dans la nuit du 22 au 23 mai 2024, entre 0h30 et 5h00 de manière à s'affranchir autant que possible du bruit de fond et d'autres bruits parasites (trafic, train, autres activités industrielles). La première série de mesure donne un aperçu de la période initiale du forage dans les couches géologiques relativement superficielles (profondeur forage < 200 m).

Le présent rapport porte pour sa part sur les résultats d'une deuxième campagne de mesure du bruit réalisée durant la nuit du 24 au 25 juin 2024. Cette deuxième série de mesure donne un aperçu de la période centrale du forage, dans des couches géologiques plus profondes à 2'200 mètres environ.

Les mesures sont réalisées au moyen de sonomètres intégrateurs 01DB FUSION certifiés par le METAS.

Cinq points de mesure E1 à E5 ont été définis sur la place de forage et permettent de caractériser les niveaux d'émission (points verts à la figure ci-dessous).

Quatre points de mesure (1 à 4) ont été définis à une distance de l'ordre de 500 mètres de la place de forage et permettent de caractériser les niveaux d'immission en direction des principales zones d'habitation (points rouges à la figure ci-dessous).

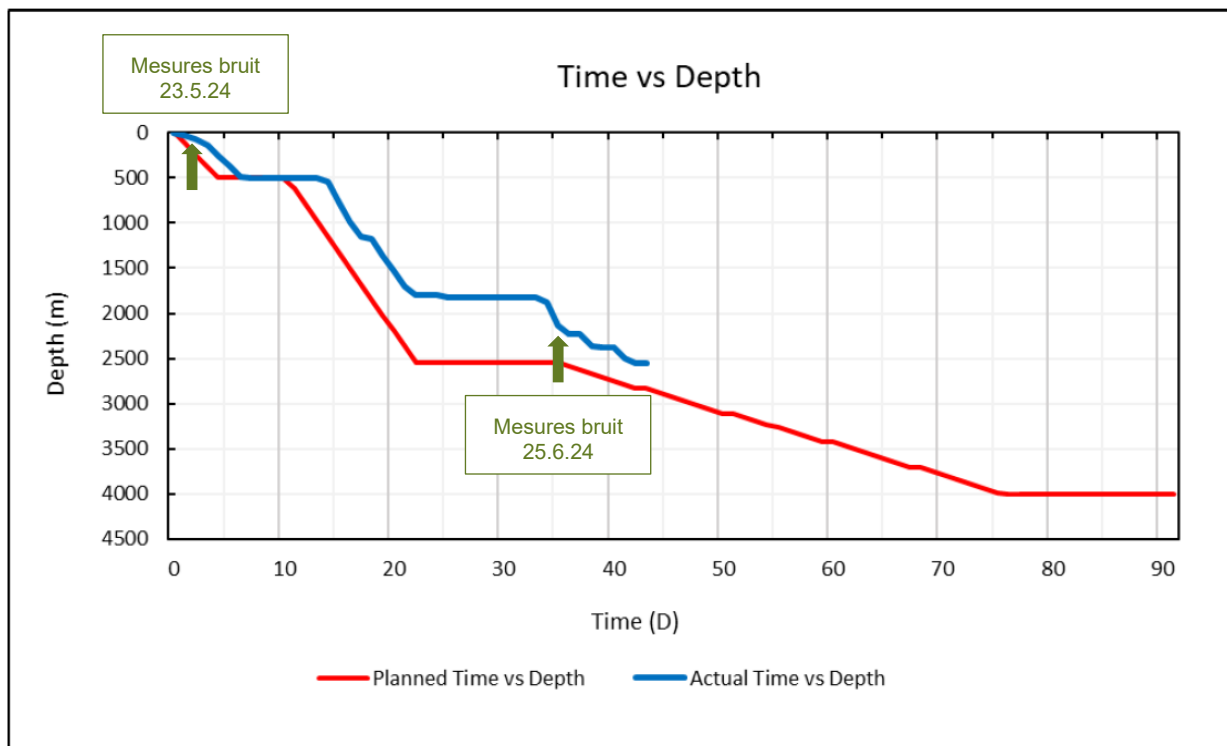


Figure 2 Illustration de l'avancement des travaux de forage (état au 3 juillet 2024) et des dates de mesures ponctuelles du bruit

4 Résultats des mesures

4.1 Mesures ponctuelles du 25 juin 2024

Les mesures ponctuelles ont été réalisées de nuit, dans de bonnes conditions (météo, exploitation du site, choix des points de mesure) et ont permis d'obtenir des résultats fiables et représentatifs de la situation du moment.

La partie initiale de la campagne de mesure (points d'émission E1 à E5) a toutefois été perturbée par l'activité nocturne (inattendue) du site voisin de production Jurasphalte jusque vers 2h00 du matin.

Les niveaux sonores ont été mesurés en 9 points, sur une durée de 10 à 25 minutes chacun, et permettent de donner un niveau sonore équivalent (Leq) caractérisant chaque période de mesure.

Une description détaillée des conditions de mesure est donnée par les fiches jointes en annexe. Les résultats des mesures brutes sont synthétisés à la figure suivante :

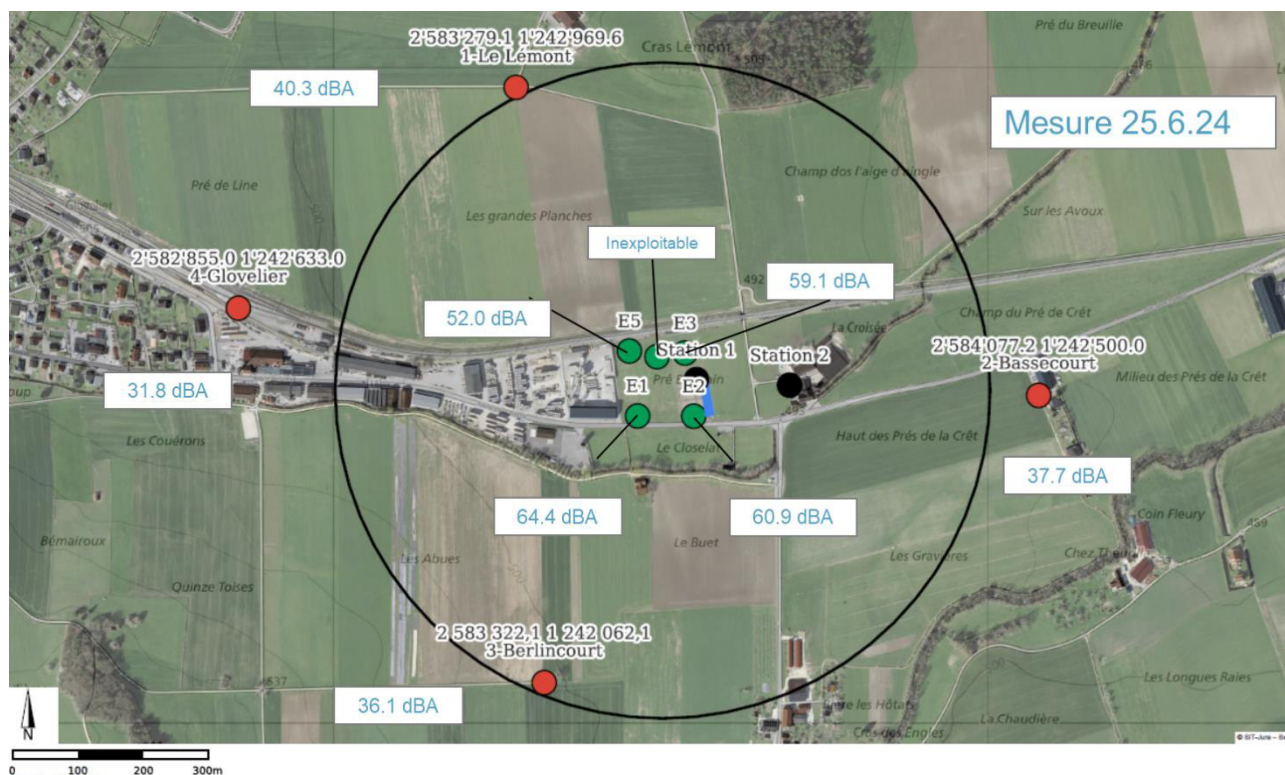


Figure 3 Synthèse des mesures brutes Leq

Les observations et le suivi effectués depuis le début du forage montrent que la durée de la phase de forage est clairement dominante par rapport à la phase de « roundtrip » (à titre d'exemple : seuls deux phases de changements de tiges (< 30 min. au total) ont été observés sur les 5 heures de présence le 25 juin). La présente série de mesures décrit ainsi uniquement la phase de forage, qui est par ailleurs la plus bruyante sur l'ensemble des activités qui se succèdent sur le site.

De manière générale, les mesures sont homogènes et indiquent les niveaux sonores suivants :

- ◆ environ 60 dBA en périphérie de la place de forage (avec des variations notables à l'intérieur même du site, en fonction de l'emplacement des sources de bruit et des effets d'écran apportés par les infrastructures présentes sur la place de forage)
- ◆ environ 36 à 40 dBA au niveau des quatre points éloignés (environ 500 m, cercle noir sur la figure)

Le bruit de la phase de forage est relativement constant et ne montrait pas de variation importante sur la durée d'une mesure. Dans cette phase de forage, le bruit ressenti peut être décrit comme un ronronnement continu, assez régulier provoqué par la rotation lente de l'outil de forage (30 à 60 tours par min.). Les bruits de chocs (composante impulsive) sont rares et peuvent s'observer ponctuellement lors du chargement des tiges. Ils ne se perçoivent toutefois quasiment pas à l'extérieur de l'enceinte du site.

De manière générale, les niveaux sonores mesurés en juin sont significativement inférieurs à ceux de la phase initiale de forage (3 à 5 dBA de différence par rapport aux niveaux sonores du 23.5.2024). Cette observation confirme les explications données par l'exploitant et qui indiquait alors que les premiers temps d'un forage de grande profondeur sont en général les plus bruyants et que les émissions sonores tendent à diminuer avec la progression en profondeur. Ceci s'explique notamment par l'augmentation progressive du poids-propre du train de forage (par addition régulière de tiges), ce qui permet de réduire au cours du temps la force verticale à imprimer sur le train de forage et limite également les phénomènes de vibrations du système.

L'analyse des données de mesure en continu (voir Figure 5) confirme que la reprise du forage de la 3^e section dès le 23 juin a généré des niveaux sonores inférieurs à ceux observés dans la phase initiale.

Pour chaque série de mesures d'immission (points 1 à 4), le bruit produit par l'activité de forage pouvait être distingué par l'oreille humaine, tout en étant parfois très proche du bruit de fond ambiant (par exemple au point

4 à Glovelier). Les résultats qui en découlent ont été globalement peu influencés par des conditions externes ou des sources de bruit parasites et donnent une représentation de la situation avec une bonne fiabilité. Les influences suivantes peuvent toutefois être mentionnées :

- ◆ Le bruit de la rivière était clairement audible au point 2 à Bassecourt (Sorne distante de 200 mètres environ) de même que des clochettes de bétail (ferme distante de 250 m au sud)
- ◆ La reprise du trafic sur l'autoroute A16 et les premiers chants d'oiseaux au lever du jour étaient clairement audibles au point 4-Glovelier
- ◆ Une légère brise nocturne a été constatée lors de la mesure au point 3 à Berlincourt, de même que des chants nocturnes de grillons

4.2 Mesures en continu

Les deux stations de mesures fixes fournissent des résultats de mesure en continu, particulièrement utiles pour l'interprétation des effets et la compréhension globale des activités qui se déroulent sur le site.

Les résultats des mesures à la station 2 constituent par ailleurs la référence principale pour caractériser et évaluer le bruit à la ferme des Croisées.

A titre illustratif, la figure suivante présente l'évolution des niveaux sonores dans la nuit du 24 au 25 juin à la station n° 1 interne au site de forage. La tranche horaire qui correspond aux mesures ponctuelles est soulignée par le cadre rouge.

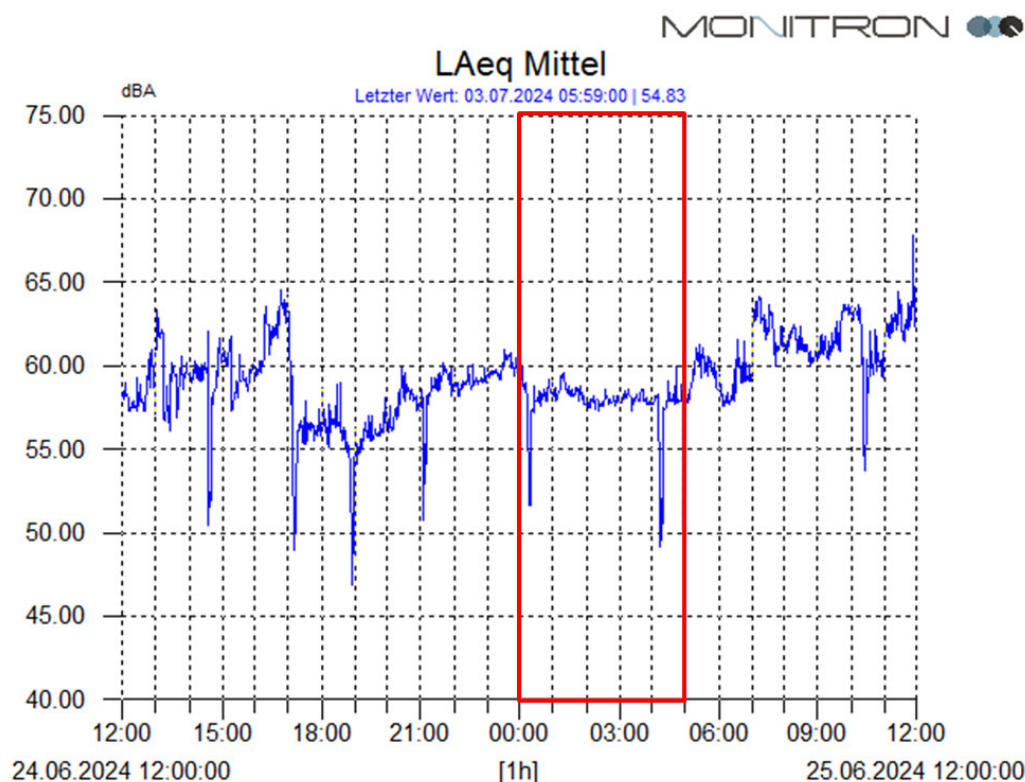


Figure 4 Illustration des résultats produits par la station de mesure n° 1 le 25 juin (environ 58 dBA entre 0h00 et 5h00)

Durant la campagne de mesure du 25 juin (entre minuit et 5h00), le forage était actif de manière continue et engendrait un niveau sonore moyen $Leq = 58$ dBA environ au niveau de la station n° 1.

A titre de comparaison, les niveaux sonores étaient d'environ 65 dBA le 23 mai au même endroit, dans les conditions de forage de la phase initiale.

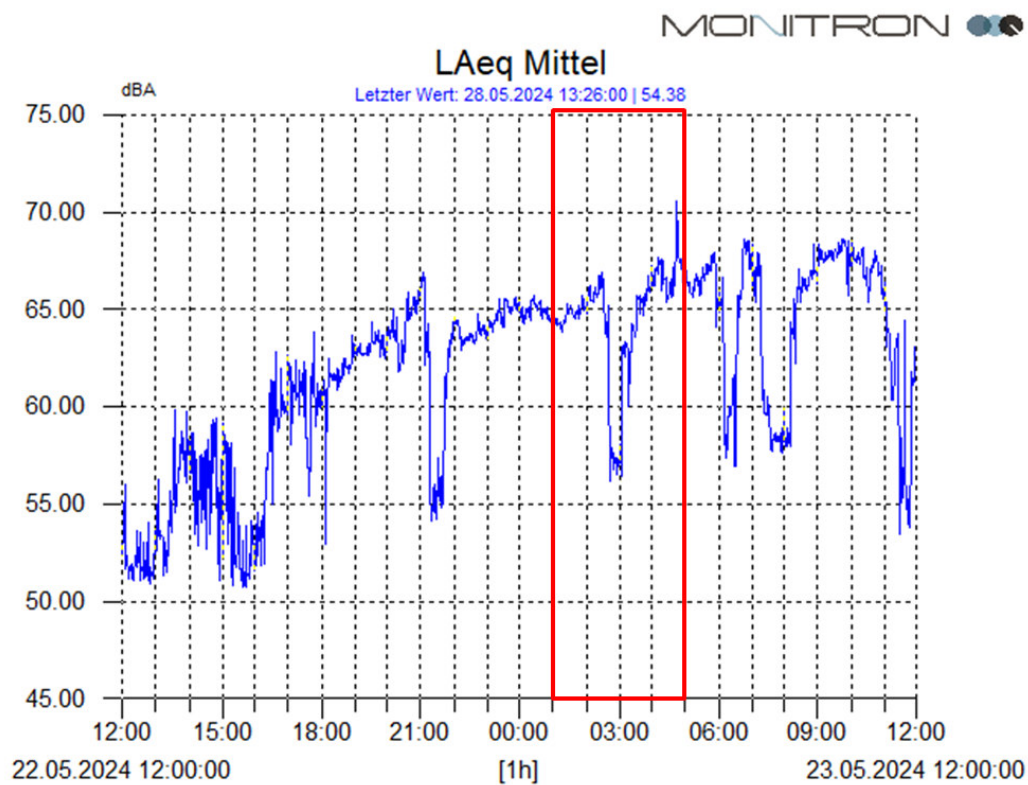


Figure 5 Illustration des résultats produits par la station de mesure n° 1 le 23 mai (environ 65 dBA entre 0h30 et 5h00)

5 Comparaison avec la situation théorique du modèle de bruit

Le modèle théorique établi pour la foreuse de Red Drilling a été repris et légèrement adapté pour établir des pronostics de bruit comparables aux valeurs mesures sur la place de forage.

Pour mémoire, les sources sonores considérées sont reportées dans le tableau ci-dessous (base : modélisation du bruit en phase de forage, rapport CSD Ingénieurs du 28 septembre 2022).

Foreuse RED

Phase de forage							
Élément de la place de forage	Puissance acoustique dB(A)	Hauteur de la source [m]	Correction selon l'annexe 6 OPB				
			k1 dB(A)	k2 dB(A)	k3 dB(A)	Total dB(A)	ti/t0
Plateforme	84.0	7	5	4	0	9	0.85
Stock de tiges	83.0	2	5	4	0	9	0.85
Stock de tiges	83.0	2	5	4	0	9	0.85
Système de levage	78.0	1	5	4	0	9	0.85
Tamis	100.2	4	5	4	0	9	0.85
Tamis	100.2	4	5	4	0	9	0.85
Pompe à boue 1	95.0	2	5	4	0	9	0.85
Pompe à boue 2	95.0	2	5	4	0	9	0.85
Pompe à boue 3	95.0	2	5	4	0	9	0.85
TopDrive 35m	98.7	35	5	4	0	9	0.85
TopDrive 22m	98.7	22	5	4	0	9	0.85
TopDrive 10m	98.7	10	5	4	0	9	0.85
Centrifugeuse	93.0	4	5	4	0	9	0.85
Centrifugeuse	93.0	4	5	4	0	9	0.85

Figure 6 Sources sonores considérées dans le modèle

Pour les besoins de la présente comparaison des émissions, les facteurs K ont été portés à 0 et la durée de la phase de forage à 100% ($t_i/t_0=1$). Les niveaux sonores ont été déterminés par modélisation pour chacun des points E1 à E5 ayant fait l'objet de mesures de bruit effectives sur le terrain. Les résultats comparatifs sont synthétisés à la figure suivante :

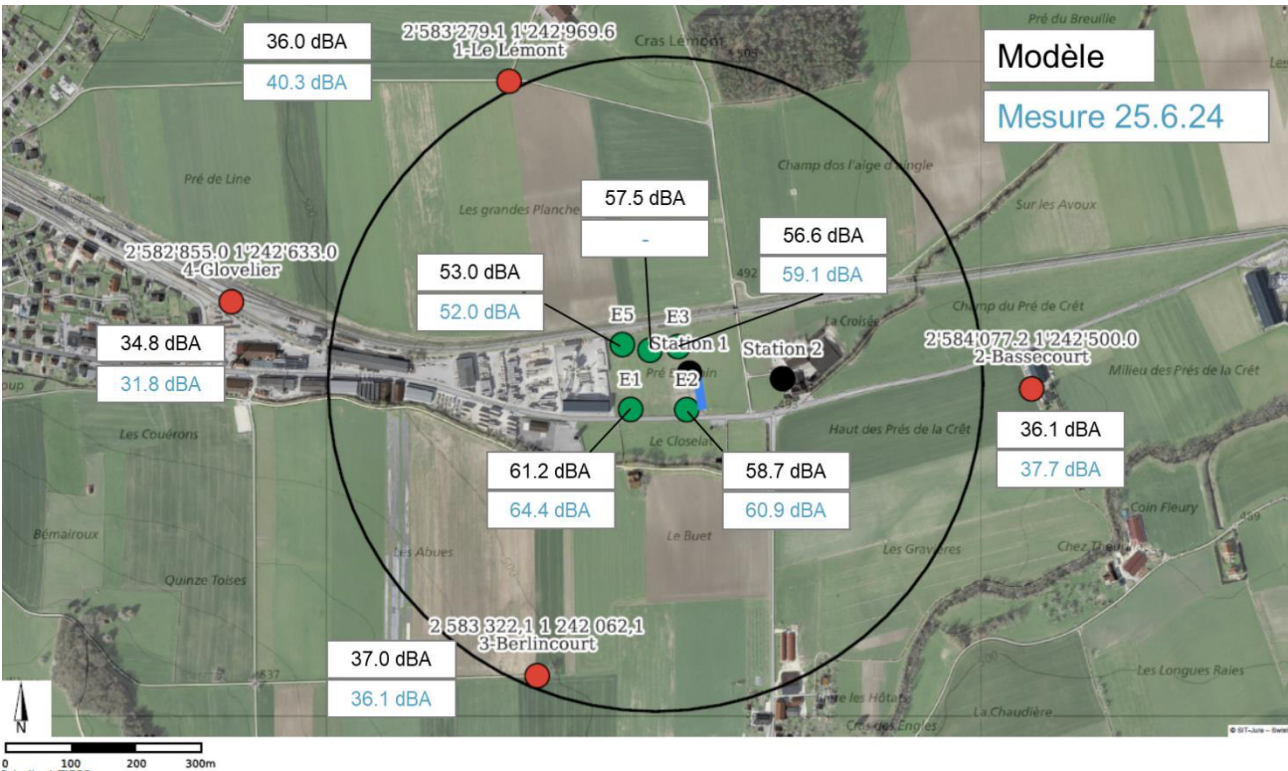


Figure 7 Comparaison des résultats des mesures avec les valeurs théoriques issues du modèle de bruit

De manière générale, les niveaux sonores mesurés sont assez proches et cohérents avec les prédictions du modèle. Les différences observées sont de l'ordre de 2 à 3 dBA, ce qui est faible (et manifestement dans la plage d'incertitude associée aux résultats de la modélisation et aux mesures de terrain).

Deux points d'immission montrent des écarts plus importants :

- ◆ 1-Le Lémont : la valeur mesurée est supérieure de 4 dBA à la valeur théorique, ce qui peut s'expliquer ici par l'influence du bruit de fond relevé lors de la mesure (notamment le séchoir à foin à la ferme)
- ◆ 4-Glovelier : la valeur mesurée est inférieure de 3 dBA à la valeur théorique, ce qui peut s'expliquer ici par l'influence des constructions présentes sur le chemin de propagation du bruit (effet d'écran des stocks de bois Corbat SA et du site Jurasphalte)

Les niveaux sonores mesurés durant la nuit du 25 juin 2024 sont représentatifs d'une situation moyenne caractéristique de l'ensemble de la période de forage.

6 Evaluation de la conformité OPB

6.1 Méthode d'appréciation

Pour l'appréciation de la conformité légale de l'installation sur la base de l'annexe 6 OPB, un niveau d'évaluation sonore L_r doit être déterminé au niveau de la façade de chaque bâtiment directement exposé au bruit de l'installation (valeur à comparer à la VLI de l'OPB).

Dans le cadre de la présente évaluation, la transposition des résultats bruts des mesures (L_{eq}) vers une situation effective correspondant à celle des locaux à usage sensible au bruit n'a pas été effectuée. Le niveau d'évaluation L_r a en revanche été déterminé au niveau de chaque point de mesure, dans les quatre directions cardinales. Les zones d'habitations concernées étant systématiquement situées à une distance supérieure à celles des points d'évaluation, les conclusions sont y sont applicables par analogie.

Pour la ferme des Croisées, la situation à la station de mesure n°2 a servi de base d'évaluation (distante de 20 m de l'habitation).

6.2 Correction de niveau OPB

L'évaluation selon l'annexe 6 OPB implique la prise en compte de facteurs correctifs K_1 à K_3 , permettant de nuancer l'appréciation et inclure les caractéristiques spécifiques du bruit perçu, en particulier ses composantes tonales et impulsives.

Dans le cas présent, les différentes observations effectuées à plusieurs reprises dans un périmètre éloigné ainsi que lors des mesures ponctuelles du 25 juin révèlent que le bruit perçu de la phase de forage correspond à un ronronnement assez sourd et diffus. Aucune source particulière ne se distingue des autres à cette distance. Par moment, un léger cliquetis (vibration ou mouvements de pièces métalliques) peut se distinguer au niveau de la tour de forage. Il n'y a toutefois pas véritablement de bruits de chocs (ou impulsif) qui se distingue.

Sur la base des mesures et observations effectuées sur place, au droit des locaux et habitations à protéger, l'appréciation suivante peut être donnée concernant la correction de niveau OPB :

- ◆ Facteur K_1 : déterminé de manière fixe pour les installations industrielles : **+5 dBA**
- ◆ Facteur K_2 – composantes tonales : l'audibilité des composantes tonales est présente, due majoritairement aux tamis, aux pompes et au top drive, de manière irrégulière et plutôt dans la gamme de basses-fréquences. Elle est qualifiée de **faible au niveau des points 1 à 4 éloignés : +2 dBA**. Elle est qualifiée de **nette au niveau de la ferme des Croisées : +4 dBA**
- ◆ Facteur K_3 – composantes impulsives : pas d'effet marqué caractéristique au cours de la phase de forage, les bruits occasionnels de légers chocs métalliques que l'on peut constater sur place ne sont quasiment pas perceptibles à distance (> 500 m) ni au-delà de la paroi antibruit. **Audibilité nulle : +0 dBA**

Pour mémoire, la somme des facteurs correctifs K admis à l'occasion de la modélisation de l'EIE pour la phase de forage était de +9 dBA (K1=5, K2=4, K3=0).

6.3.1 Détermination des niveaux d'évaluation Lr

Les résultats des niveaux d'évaluation Lr sont synthétisés à la figure suivante :



Figure 8 Synthèse des mesures brutes et des niveaux d'évaluation Lr OPB pour les 4 points d'évaluation éloignés

Par analogie, les VLI sont dès lors également respectées au niveau des habitations de chaque village ainsi qu'à la ferme du Lémont puisque ces dernières sont situées à une distance supérieure (et dans une direction similaire à celle de chaque point de mesure).

6.4 Ferme des Croisées

6.4.1 Principe

Les mesures de bruit réalisées en continu à la station de mesure n°2 sont soumises à un bruit de fond important, même pour la période de référence nocturne 19h00 – 7h00, principalement associé au trafic sur la route cantonale et plus marginalement par le trafic ferroviaire, les activités agricoles et d'autres bruits divers (abolements de chien par exemple).

Ainsi, l'analyse de la période de référence (avant travaux) montre que le bruit de fond reste dominant en soirée (jusque vers 01h00) et reprend assez tôt en début de journée (dès 5h00 environ).

Pour les besoins de la présente évaluation, et afin d'apprécier isolément le bruit émis par la place de forage, les niveaux sonores ont été déterminés sur la période la plus calme au creux de la nuit, soit l'intervalle de 1h00 à 4h30.

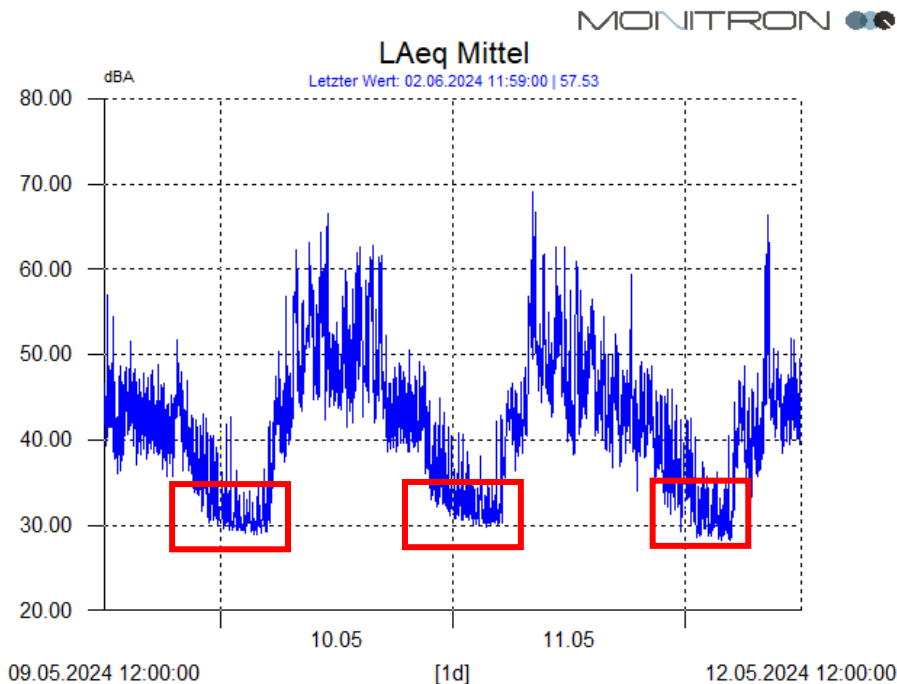


Figure 9 Illustration des périodes de calme entre 1h00 et 4h30 (état initial avant forage)

6.4.2 Détermination des niveaux d'immission

Les niveaux d'immission Leq ont été déterminés par traitement des données sur le logiciel spécialisé DBTrait. Pour la période de référence avant travaux, les niveaux sonores se présentent comme suit :

Tranches horaires	1h-4h30		
Jour	Leq dBA	Lmin dBA	Lmax dBA
Jeu 09.05.2024			
Ven 10.05.2024	40.4	35.8	61.4
Sam 11.05.2024	41.1	35.0	64.3
Dim 12.05.2024	41.6	34.4	63.0
Lun 13.05.2024	42.0	34.3	71.3
Mar 14.05.2024	41.5	34.1	62.9
Mer 15.05.2024	49.1	35.2	61.2
Jeu 16.05.2024	40.3	36.7	60.0

Ven 17.05.2024	46.7	42.0	63.5
Sam 18.05.2024	42.3	37.5	61.0
Dim 19.05.2024	43.8	36.9	67.2

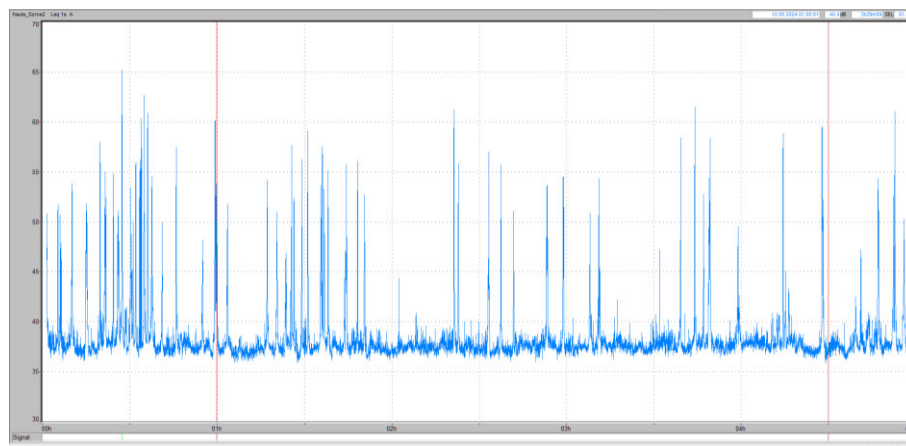
Figure 10 Niveaux sonores de référence (état avant travaux, période 1h00 à 4h30)

On constate que le niveau sonore de référence, avant travaux, **est de 41 à 42 dBA** au niveau de la station de mesure de la ferme des Croisées.

La situation est illustrée graphiquement par les exemples ci-dessous qui représentent des nuits caractéristiques et sans anomalie apparente.

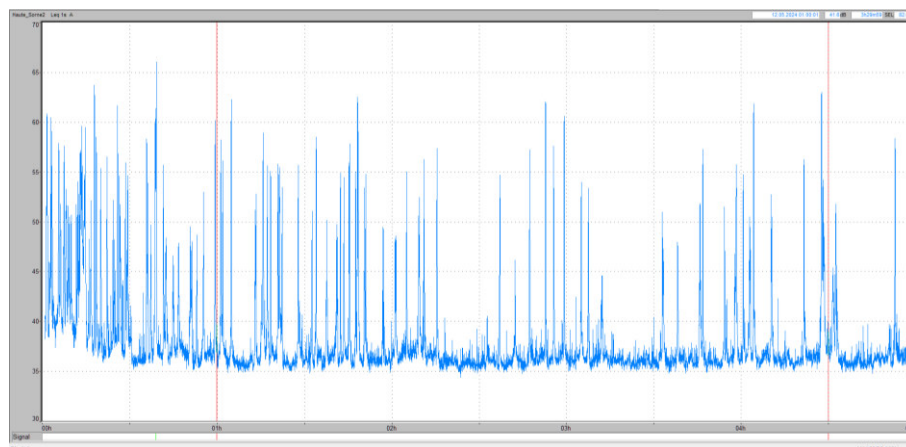
Vendredi 10 mai

Leq = 40.4



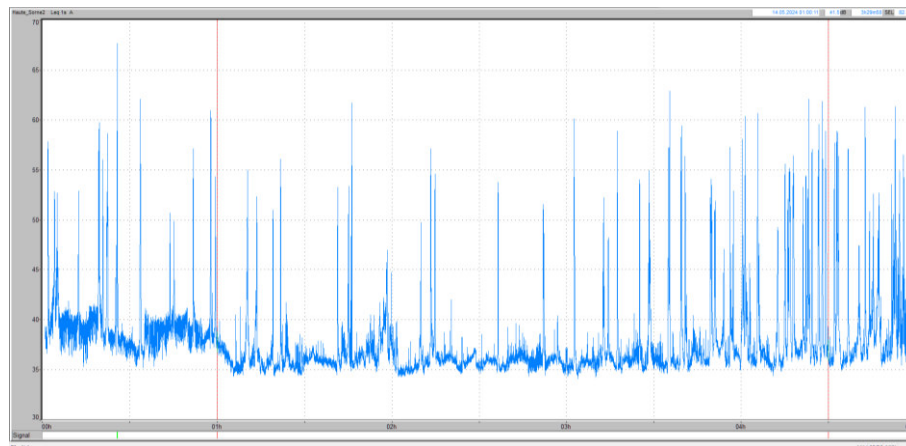
Dimanche 12 mai

Leq = 41.6



Mardi 14 mai

Leq = 41.5



Pour la période de forage de la section 3, les niveaux sonores se présentent comme suit :

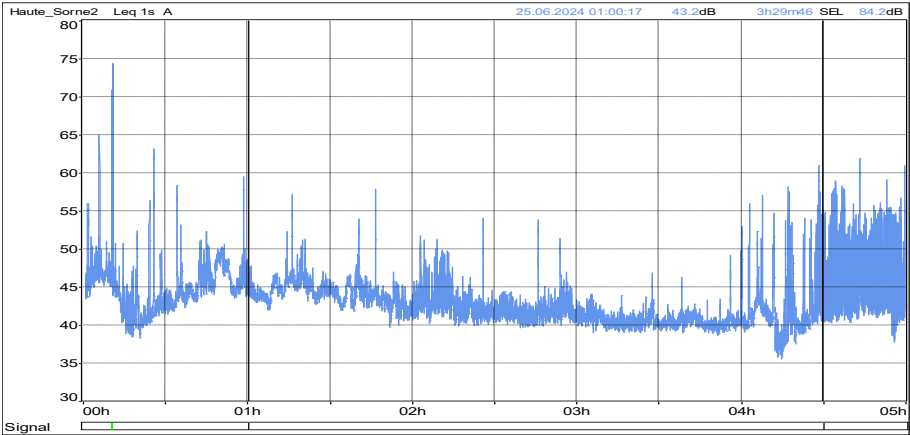
Tranches horaires	1h-4h30			
Jour	Leq dBA	Lmin dBA	Lmax dBA	
Lun 24.6.2024	42.6	35.4	61.9	Début forage section 3
Mar 25.06.2024	43.2	35.6	61.0	
Mer 26.06.2024	41.5	34.5	62.2	
Jeu 27.06.2024	43.7	35.2	75.7	
Ven 28.06.2024	46.1	38.8	66.1	
Sam 29.06.2024	42.9	34.0	64.1	Pas de forage
Dim 30.06.2024	-	-	-	Orages, données inexploitable
Lun 01.07.2024	42.8	34.6	63.2	

Figure 11 Niveaux sonores en phase de forage de la section 3 (période 1h00 à 4h30)

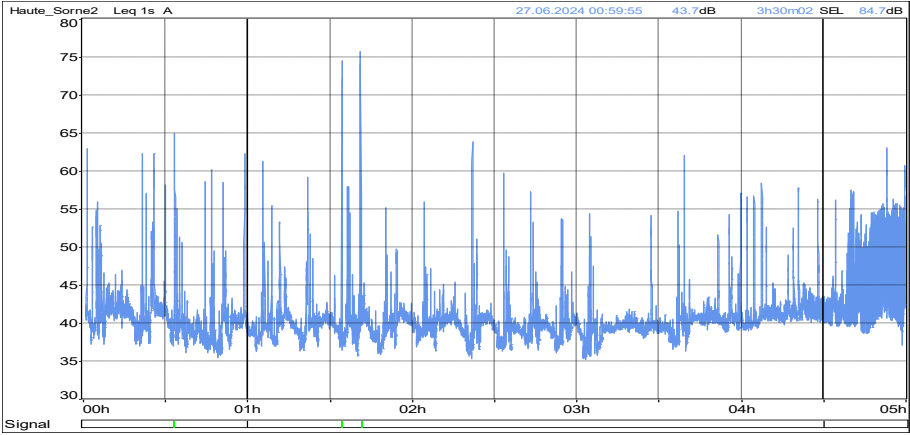
On constate que le niveau sonore associé aux travaux de forage a varié entre 42 et 46 dBA sur les 7 nuits de mesures à disposition. La nuit du 28 juin indique une valeur légèrement plus élevée, sans explication évidente et qui soit imputable aux travaux de forage, et n'est manifestement pas représentative de la période considérée. De forts orages se sont d'autre part produits durant la nuit du dimanche 30, ce qui rend les données de mesure inexploitable à cette date. Les six autres nuits de forage indiquent des niveaux sonores relativement homogènes **compris entre 42 et 43 dB**. Ce niveau peut être considéré comme représentatif d'une période nocturne de forage de la section 3.

La situation est illustrée graphiquement par les exemples ci-dessous qui représentent des nuits caractéristiques de forage :

Mardi 25 juin
Leq = 43.2

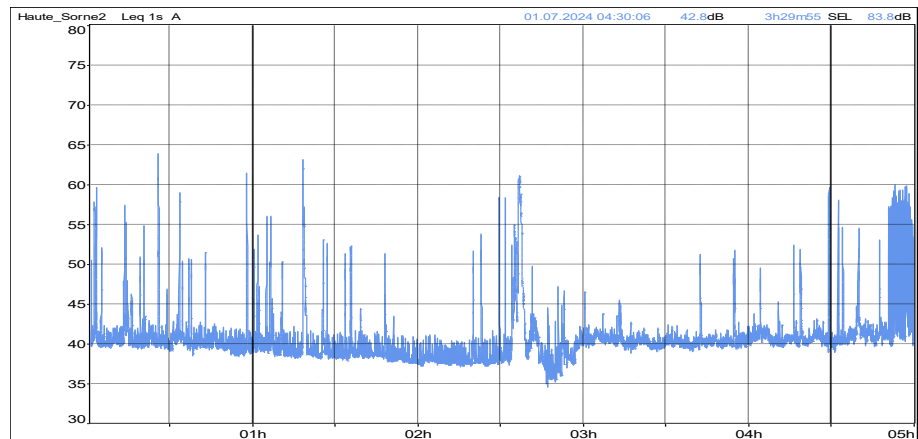


Jeudi 27 juin
Leq = 43.7



Lundi 1^{er} juillet

Leq = 42.8



6.4.3 Contexte local et incertitudes de mesures

Sur la base de ce qui précède, une valeur d'immission **Leq de 43 dBA** est retenue comme résultat des mesures du bruit de la phase de forage de la section 3, au niveau de la station de mesure fixe n°2. Pour mémoire, la valeur d'immission déterminée pour la phase initiale des travaux de forage (section 1) était légèrement supérieure (Leq = 46 dBA).

Pour déterminer le niveau d'immission caractérisant les fenêtres du premier étage de l'habitation de la ferme des Croisées, l'influence de deux facteurs doit encore être considérée :

- ◆ Le bruit de fond présent au cours de la période de mesure, principalement le trafic routier (les pics sonores traduisent le passage de véhicules). Déterminée par différence énergétique avec la valeur de la période de référence, la contribution de cette source **représente jusqu'à -4 ou -5 dBA**
- ◆ Les locaux à usage sensible au bruit (chambres au 1^{er} étage) sont éloignés de 15 m supplémentaires des sources de bruit par rapport à la station de mesure n°2 (220 m contre 205). L'effet de cet éloignement supplémentaire **représente -0.6 dBA** ($20 \times \log(205/220)$)

Sur la base de ce qui précède, le niveau d'immission Leq considéré au droit des fenêtres du **1^{er} étage de la ferme des Croisées est au maximum de 40 dBA**.

6.4.4 Détermination du niveau d'évaluation Lr

Les niveaux d'évaluation Lr sont définis par l'addition des facteurs K de l'OPB (ici + 9 dB, voir chapitre 6.2) au Leq de 40 dBA résultant des calculs du chapitre précédent.

Le niveau d'évaluation **Lr est par conséquent de 49 dBA** au droit des fenêtres du 1^{er} étage de la Ferme des Croisées.

6.4.5 Evaluation

L'analyse des résultats des mesures de bruit en continu à proximité de la Ferme des Croisées indique que la valeur limite d'immission de l'OPB est respectée, avec une marge de plus de 5 dBA.

Cette situation est par ailleurs inférieure au Lr théorique obtenu par modélisation et mentionné dans l'étude de bruit de 2022 (Lr=53.9 dBA). Une explication possible est à chercher dans l'efficacité de la paroi antibruit en limite Est, qui est potentiellement meilleure que celle considérée par le modèle.

7 Conclusion générale

Le monitoring du bruit du chantier de forage est réalisé dans le cadre du suivi environnemental de réalisation (SER) et a pour objectif de vérifier le respect des conditions fixées dans l'autorisation délivrée par les autorités cantonales (respect des VLI de l'OPB). Il est réalisé principalement à l'aide de deux stations de mesure en continu installées sur le site du chantier ainsi qu'à proximité de la ferme des Croisées.

En complément à ces mesures en continu, une campagne de mesures ponctuelles a été réalisée au cours de la phase de forage de la section n° 3, dans la nuit du 24 au 25 juin 2024 afin de juger des niveaux d'émissions sur le site et d'immissions pour les habitations les plus proches (hors ferme des Croisées).

Les résultats de cette récente analyse indiquent que les valeurs d'émission mesurées sur la place de forage sont proches et cohérentes avec les résultats du modèle théorique établi en 2022. Elles sont par ailleurs inférieures, de 3 à 5 dBA, aux niveaux sonores mesurés lors de la première campagne similaire réalisée le 23 mai 2024 (voir rapport CSD Ingénieurs SA du 2 juin 2024). De manière générale, le bruit émis dans la présente phase de travail (section 3 du forage, profondeur environ 2'200 m) peut être considéré comme représentatif de la période complète d'activité de forage d'une durée de plusieurs mois.

L'interprétation des résultats et des données à disposition montre que les valeurs limites d'immission (VLI) de l'OPB (55 dBA de nuit pour le DS III) sont clairement respectées au niveau des habitations des villages environnants, avec une marge importante et une confiance élevée. Les niveaux d'évaluation $L_r y$ sont dans tous les cas inférieurs à 48 dB(A).

Comme attendu, selon ce qu'indiquait déjà le modèle théorique, la situation la plus critique se situe au niveau de la ferme des Croisées. Pour ce point, l'évaluation montre que la VLI de 55 dBA est également respectée dans les conditions de forage actuelles, avec une marge de plus de 5 dBA. Le bâtiment d'habitation se trouve à faible distance des installations de forage et est de ce fait plus fortement exposé aux émissions sonores du chantier. La paroi antibruit aménagée avant le début des travaux contribue à réduire efficacement le bruit émis en direction de la ferme.

Delémont, le 3 juillet 2024

CSD INGENIEURS SA

G. Monin

Dir. succursale JU

D. Lehmann

Ing. en environnement

Annexe A Fiches de mesures de bruit du 25.6.2024

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E1

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	1h20 - 1h35
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'3"464 1°24'2"468
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

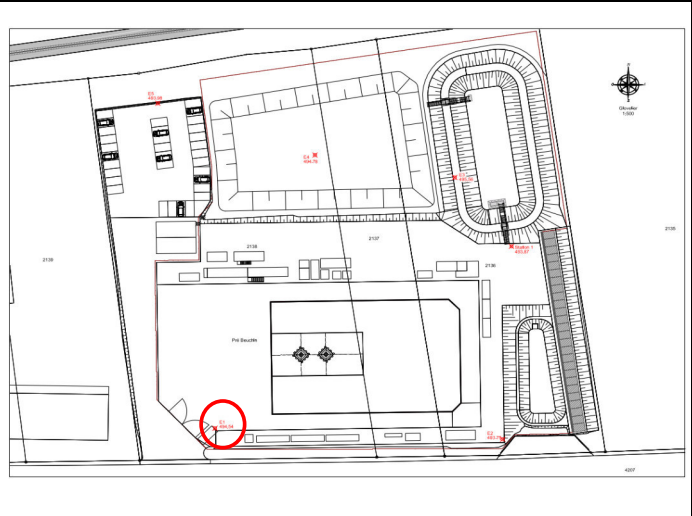
Température	15°C
Vent	Nul
Météo	Ciel clair, nuit calme

Leq = 64.4 dBA

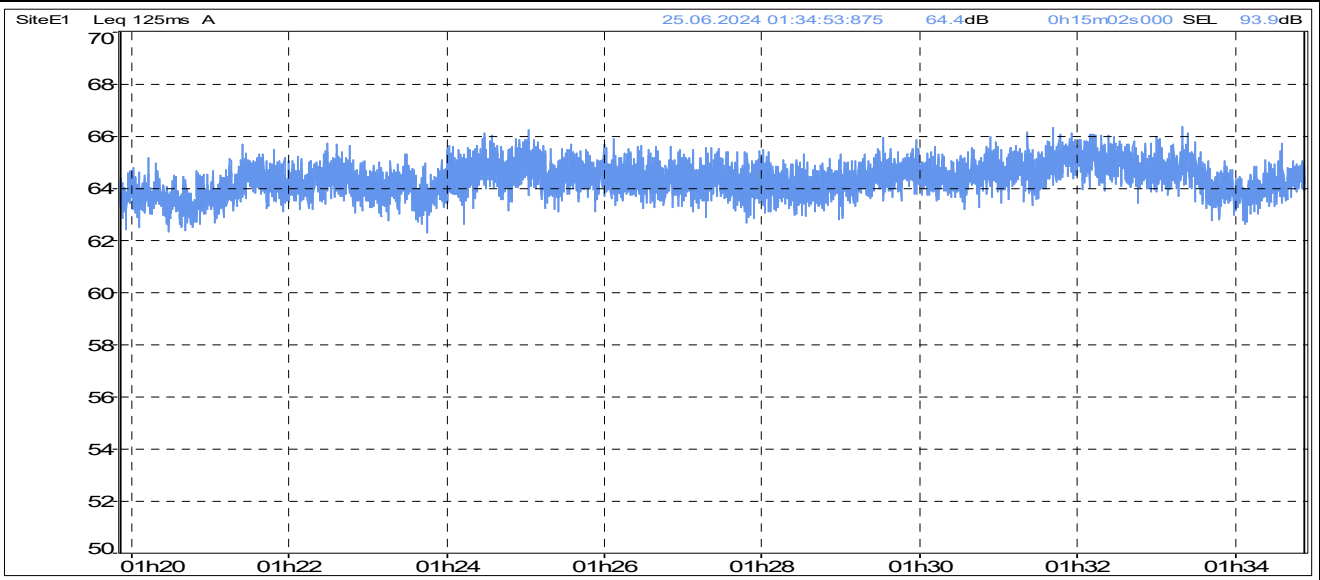
REMARQUES

3 tamis en fonction + centrifugeuse
Top drive dominant
Jurasphalte en production

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h20	Départ de la mesure	X			Top drive dominant
	Jurasphalte en production				Air comprimé et trajets chargeuse
	Pas d'autres bruits parasites				légèrement audibles
1h35	Fin mesure	X			Leq = 64.4 dBA (15 min)

**FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES**

Nom : E2

DONNÉES GÉNÉRALES

Date 25.06.2024
Heures début-fin 1h00 - 1h15
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'3"545 1°24'2"470
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

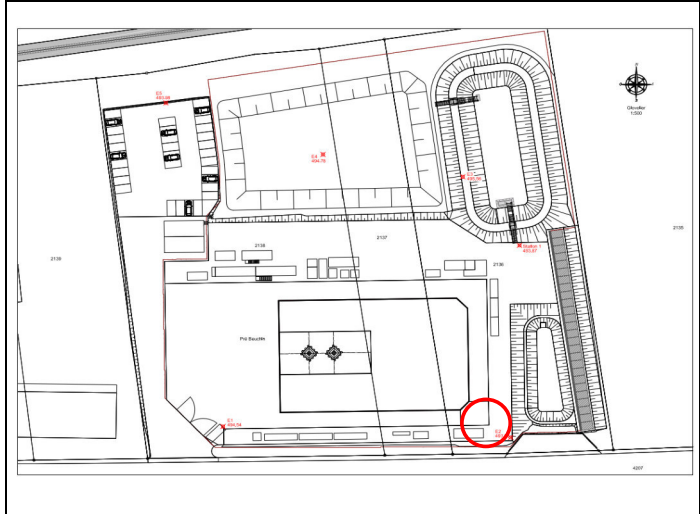
Température 15°C
Vent Nul
Météo Ciel clair, nuit calme

Leq = 60.9 dBA

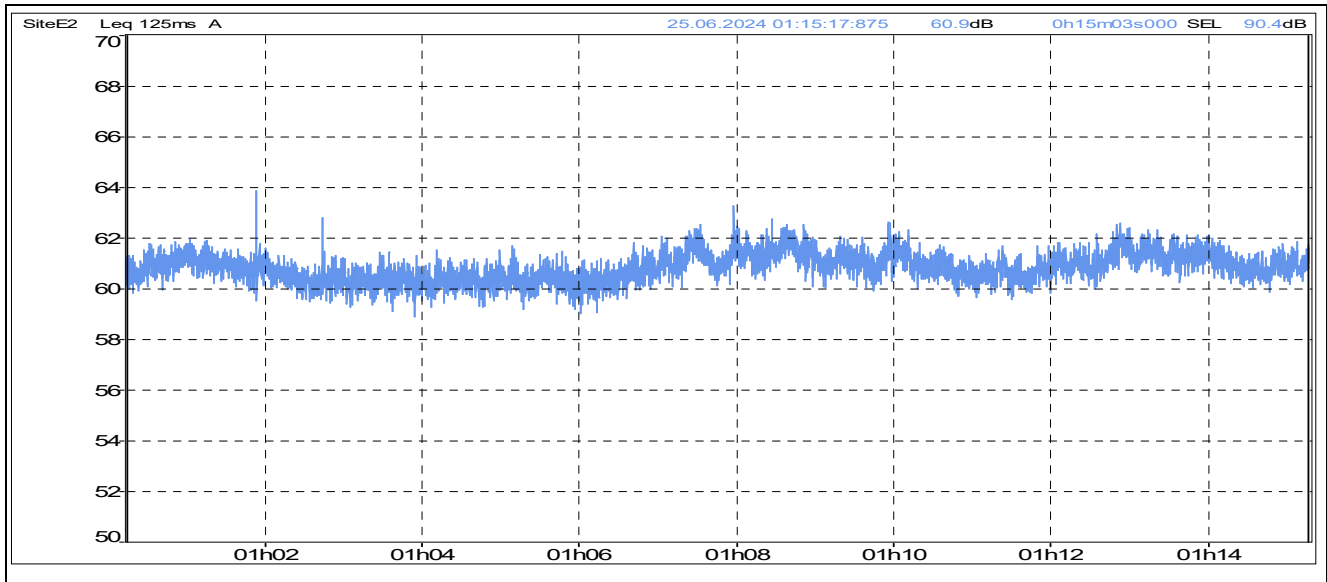
REMARQUES

Point E2 légèrement déplacé au NO (présence containers)

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h00	Départ mesure	X			Top drive dominant + sifflements pompes
	Emissions régulières				
	Pas de voiture sur route cantonale				
1h15	Fin mesure	X			Leq = 60.8 (15 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E3

DONNÉES GÉNÉRALES

Date 25.06.2024
Heures début-fin 0h02 - 0h55
Opérateur DLE
Coordonnées 2°58'3"537 1°24'2"564
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

CONDITIONS

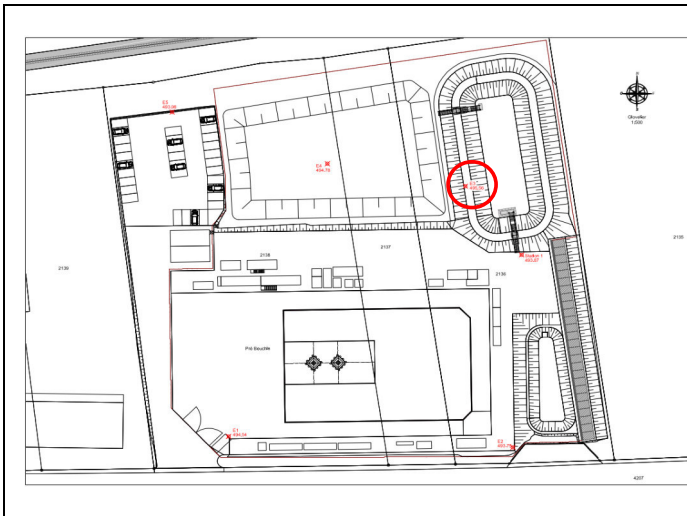
Température 15°C
Vent Nul
Météo Ciel clair, nuit calme

Leq = 59.1 dBA

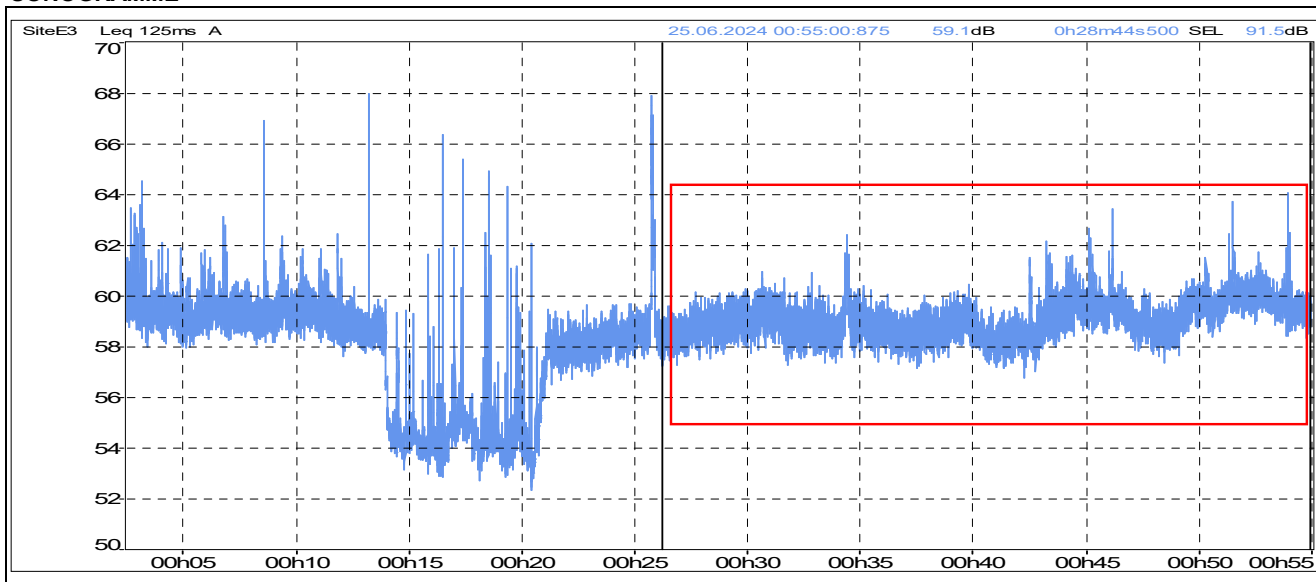
REMARQUES

Vue sur pompes et tamis
Phase de pause entre 0h14 et 0h21
Leq considéré entre 0h26 et 0h55

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
0h02	Départ mesure	X			Entre chocs légers Top drive
	Jurasphalte en production				Air comprimé, chargeuse
0h14	Pompes arrêtées			X	
0h20	Reprise forage	X			
0h25	Train				
	Reprise Jurasphalte				
	Emissions constantes et régulières				0h40 à 0h50 : arrêt Jurasphalte
0h55	Fin de mesure	X			

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E4

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	-
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'3"494 1°24'2"559
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

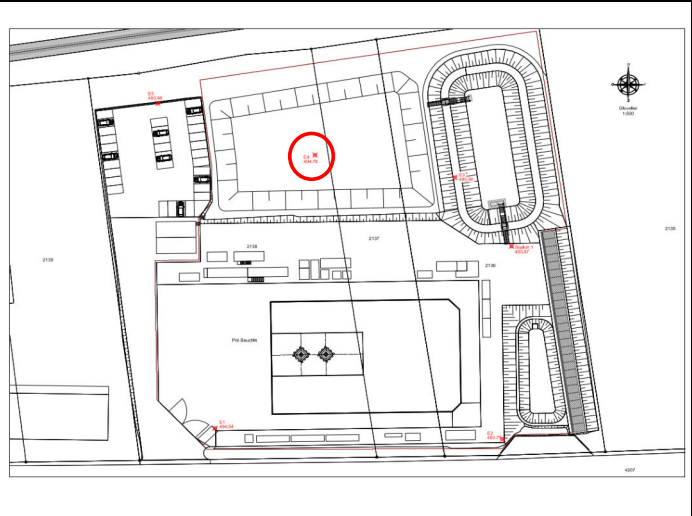
CONDITIONS

Température	15°C
Vent	Nul
Météo	Ciel clair, nuit calme

Leq =

REMARQUES

STATION



SONOGRAMME

JURASPHALTE EN PRODUCTION

BRUIT DOMINANT, PAS DE MESURE REPRESENTATIVE POSSIBLE

MESURES

Heure	Evénement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E5

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	4h43 - 4h51
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'3"452 1°24'2"567
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

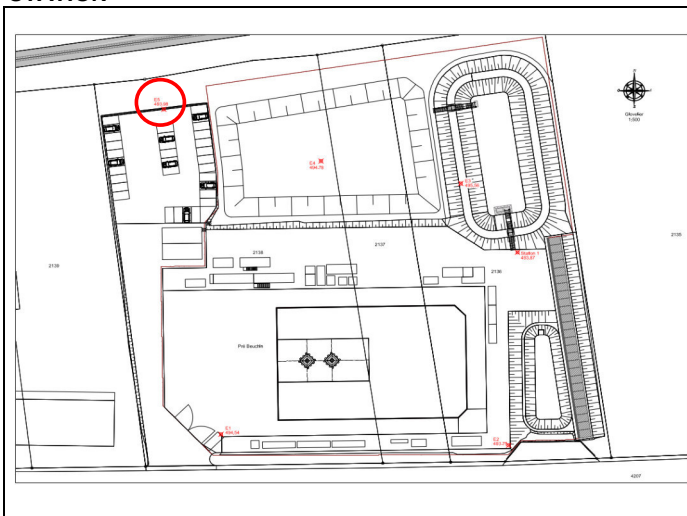
CONDITIONS

Température	12°C
Vent	Nul
Météo	Ciel clair, nuit calme

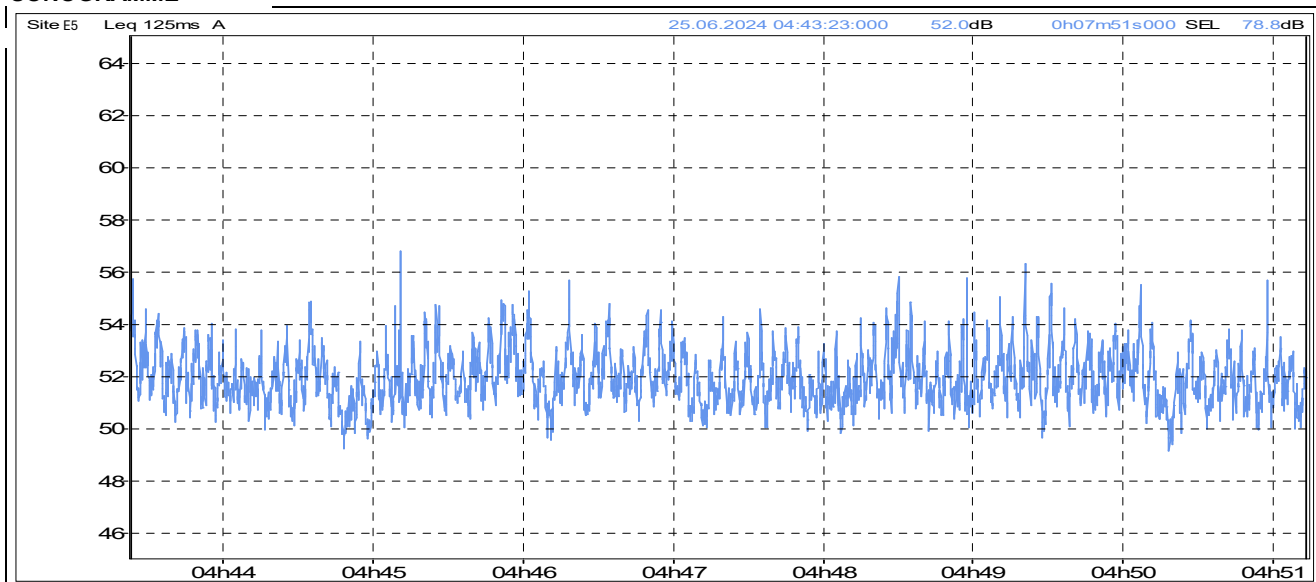
Leq = 52.0 dBA

REMARQUES

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
4h41	Passage train technique				
4h43	Départ mesure	X			
	Pas de bruit parasite	X			Bruit constant, assez faible, RAS
	Emissions très stables et constantes				Jurasphalte a cessé sa production
	Chants oiseaux				Ecran par containers
4h51	Fin de mesure	X			Leq = 52 dBA

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 1-Lémont

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	3h01 - 3h23
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'3"279 1°24'2"969
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

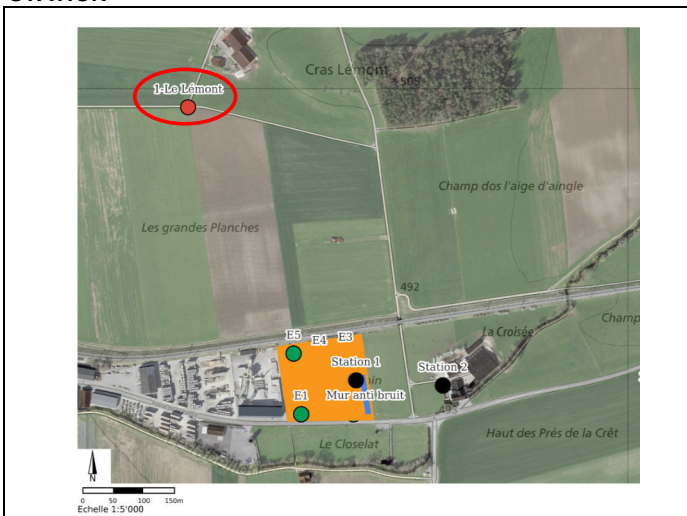
Température	12°C
Vent	Nul
Météo	Ciel clair, nuit calme

Leq = 40.3 dBA

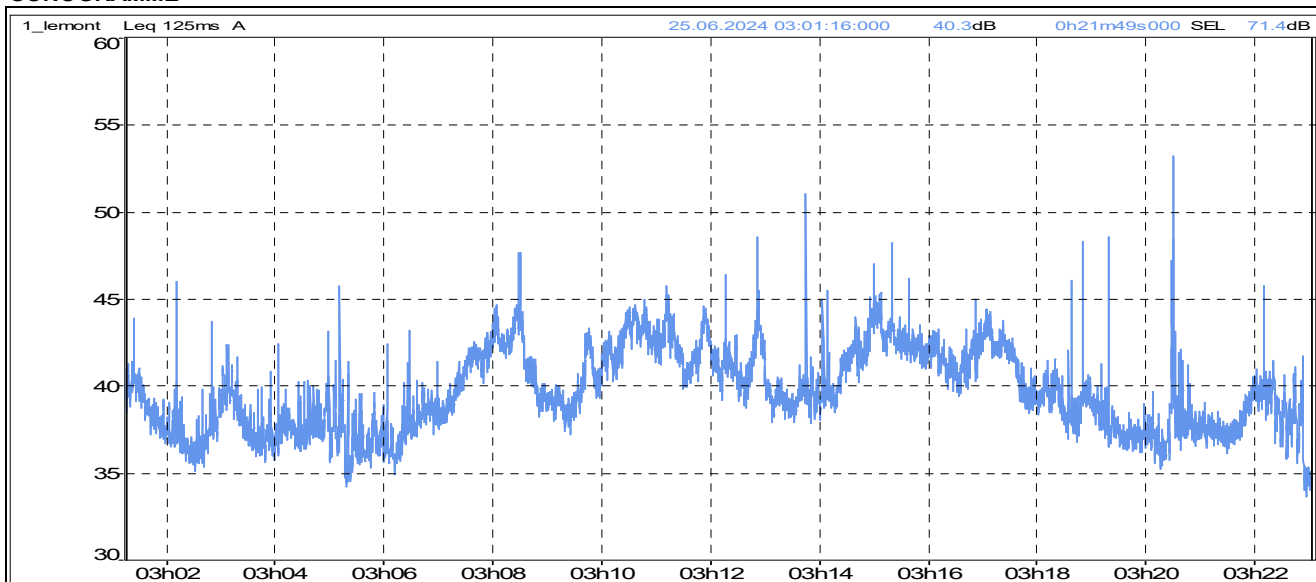
REMARQUES

Séchoir à foin en fonction à la ferme du Lémont

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h01	Départ mesure	X			Vue directe Top Drive dominant
					"souffle" au loin, qq crissements
					Pas de composante impulsive
					Bruit rythmé de rotation
3h12	Période plus bruyante	X			Roche plus dure ?
4h52	Fin mesure	X			Leq = 40.3

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 2-Bassecourt

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	1h47 - 2h02
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°584'077 1°242'499
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

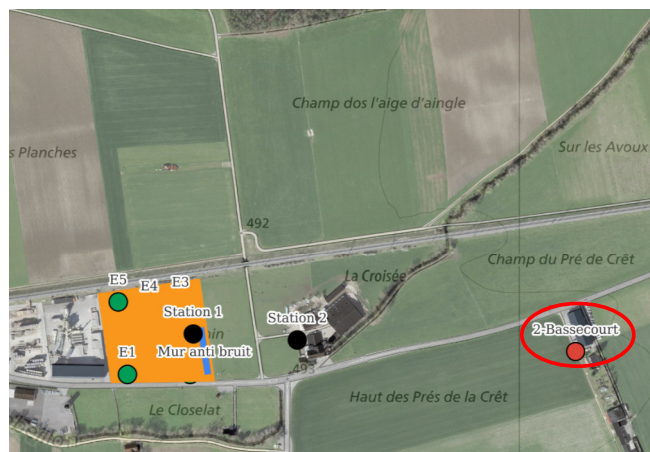
Température	12°C
Vent	Nul
Météo	Ciel clair, nuit calme

Leq = 37.7 dBA

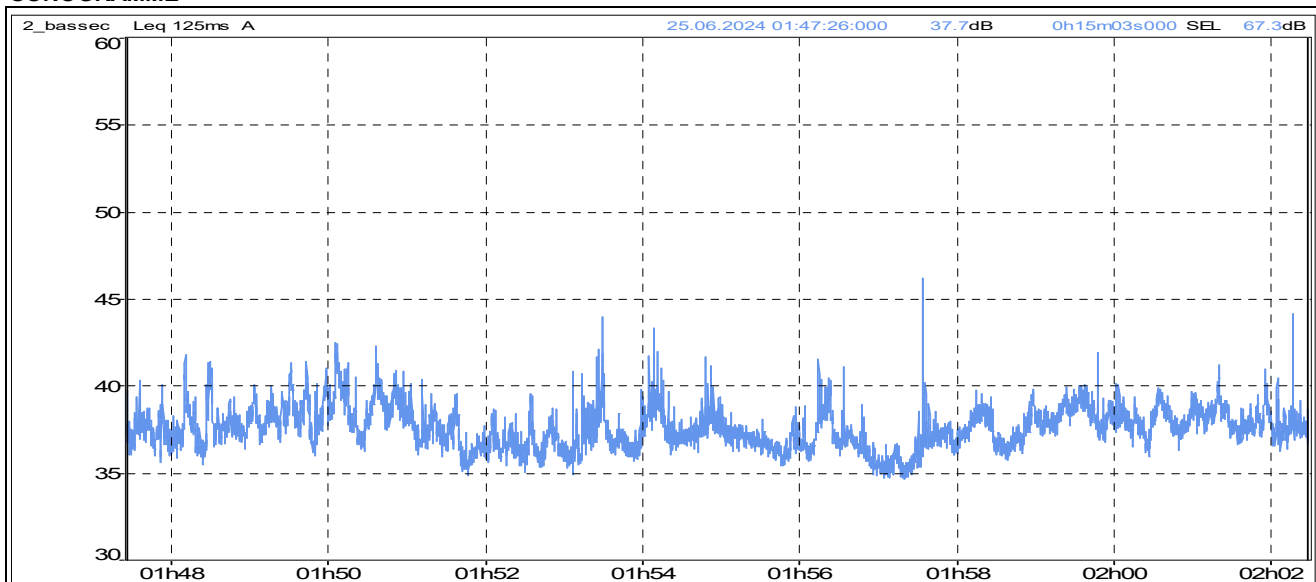
REMARQUES

Sorne + clochettes betail
Tour visible, haut non masqué par PAB

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h47	Début mesure 1	X			Sorne au loin
					Bruit forage audible au loin
	qq clochettes de bétail				Cliquetis TD légèrement audible au loin
	Bruit régulier, constant				Pas de composante impulsive
					Pas de trafic sur la route
2h02	Fin mesure	X			Leq = 37.7 dBA

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 3-Berlincourt

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	2h27 - 2h48
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'32.22 1°24'2'06.2
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

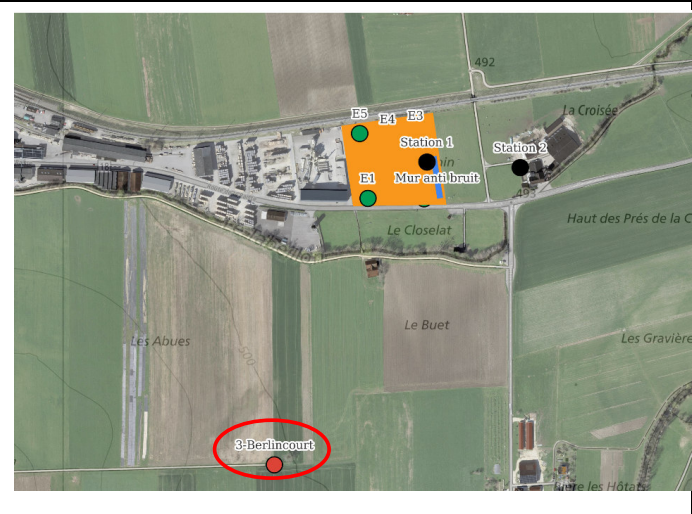
Température	12°C
Vent	Faible, légère brise par moment
Météo	Ciel clair, nuit calme

Leq = 36.1 dBA

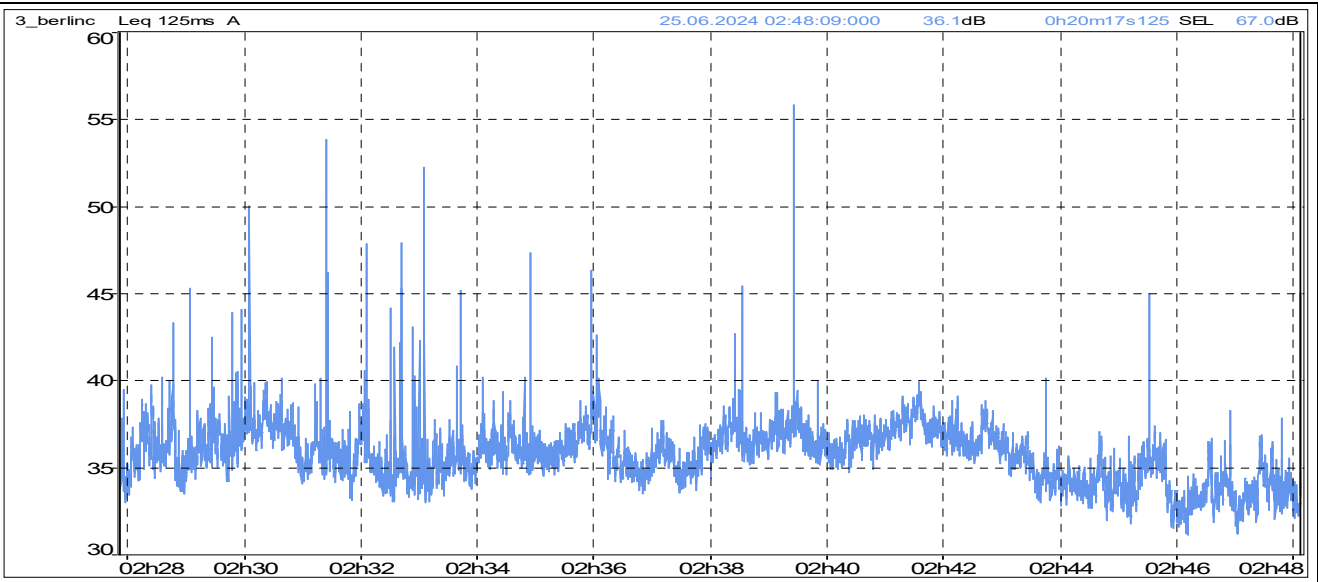
REMARQUES

Vue directe, aucun obstacle

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
2h27	Début mesure	X			Audible légèrement au loin
	Bruit régulier, RAS				Cliquetis métallique top drive
	Peu de bruit parasite	X			Pas de composante impulsive
					qq grillons, légère brise
2h48	Fin mesure	X			Leq = 36.1 dBA

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 4-Glovelier

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	25.06.2024
Heures début-fin	3h47 - 4h35
Opérateur	DLE
Coordonnées	2°58'28.55" 1°24'26.33"
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

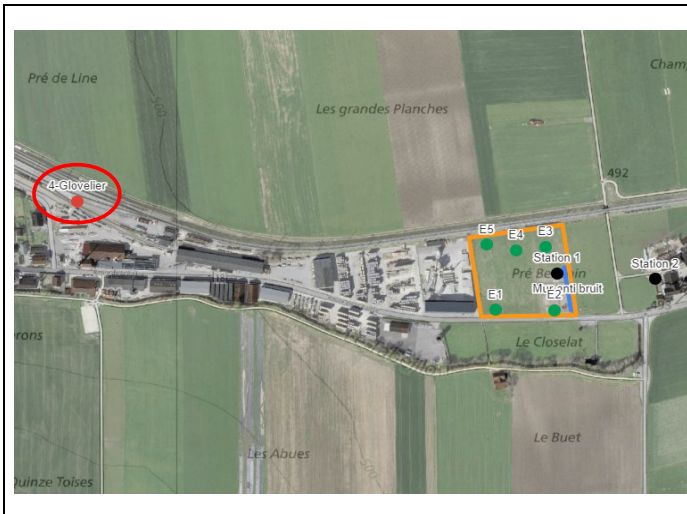
Température	12°C
Vent	Nul
Météo	Ciel clair, nuit calme

Leq = 31.8 dBA

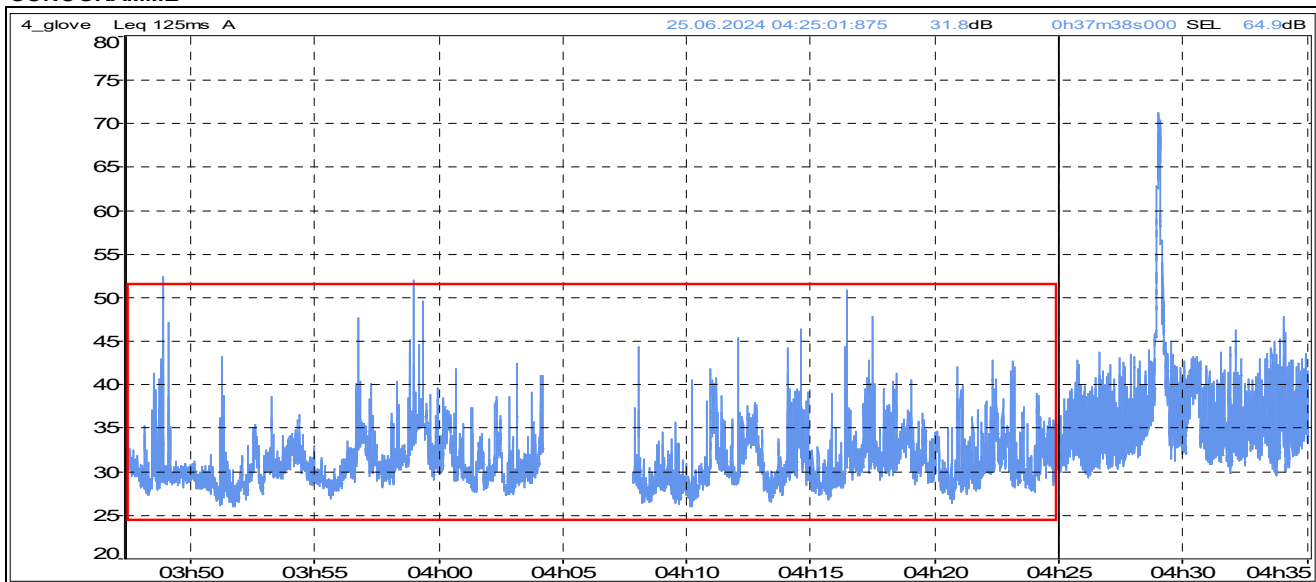
REMARQUES

Roundtrip entre 4h11 et 4h21
Bruit place forage à peine audible

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h47	Début mesure	X			A peine audible au loin
	Pas de bruit parasite				Très calme
4h00					Reprise trafic A16
4h03 à 4h07	Arrivée engins entretien CFF				Tracteurs de fauchage
4h10 à 4h20	Phase roundtrip		X		Différence pas perceptible sur place
	Reprise chants oiseaux				
4h29	Train				
4h35	Fin mesure	X			

CSD INGENIEURS SA

Rue de la Jeunesse 1

Case postale

CH-2800 Delémont 1

+41 32 465 50 30

delemont@csd.ch

www.csd.ch

CSD INGENIEURS⁺
INGÉNIEUX PAR NATURE



Géothermie profonde Haute-Sorne

Evaluation du bruit des tamis – bruit solidien

Note de synthèse conformité EVBSR

Delémont, le 2 juin 2024 / FCH11573.04

Table des matières

1	Contexte et objectifs	1
2	Cadre de référence	1
3	Déroulement des mesures.....	2
4	Résultats des mesures	4
4.1	Ferme des Croisées – Famille Sprunger	4
4.2	Berlincourt 89 – Mme Petitjean	5
5	Conclusion et discussion	7

Liste des figures

Figure 1	Extrait de la directive, valeur de référence de 35 dBA.....	2
Figure 2	Point d'évaluation à la ferme des Croisées.....	2
Figure 3	Point d'évaluation à Berlincourt.....	3
Figure 4	Mesure dans la chambre à coucher du 1 ^{er} étage	4
Figure 5	Mesure dans le local de production	5
Figure 6	Mesure dans le salon	6
Figure 7	Mesure sur la terrasse extérieure	7

1 Contexte et objectifs

Les opérations de forage ont débuté le 21 mai 2024 sur le site de la géothermie à Glovelier.

Dans les premiers temps des opérations de forage, des plaintes ont été émises par plusieurs riverains, en particulier les propriétaires de la ferme voisine des Croisées ainsi que des habitants de Berlincourt. Les remarques et revendications portaient sur un bruit sourd, particulièrement gênant.

Cet élément de nuisances potentielles, nouveau et inattendu par les exploitants autant que de la part des autorités, a cristallisé l'attention dans le but de comprendre le phénomène, son origine et apporter des mesures d'amélioration adaptées et proportionnées. Divers essais et modifications techniques ont ainsi été apportées entre le 27 mai et le 1^{er} juin, et plusieurs visions locales accompagnées de mesures-test ont été effectuées sur le site de la ferme des Croisées (29 et 31 mai ainsi que le 1^{er} juin). La cause principale de ces émissions de basses fréquences a pu être identifiée et concerne manifestement les trois tamis qui permettent de traiter la boue de forage pour en extraire la fraction graveleuse (cuttings).

Les émissions aériennes de basses-fréquences sont manifestes et identifiables par une analyse fréquentielle, en particulier au niveau des stations fixes de mesure du bruit présentes sur le site de forage (station 1) et de la ferme des Croisées (station 2). Cette appréciation est considérée dans le rapport d'évaluation de la conformité OPB du forage de la section 1 (CSD Ingénieurs SA, 2 juin 2024) et ne fait pas l'objet de la présente analyse. Elle est néanmoins brièvement commentée à la fin du présent rapport.

Une des hypothèses évoquées consiste à attribuer une partie des émissions, ainsi que la gêne mentionnée par les riverains, à une transmission des vibrations par voie solidienne (par le terrain et les éléments construits).

Le présent rapport vise à documenter cet aspect et a pour but de répondre à la demande transmise à Géo-Energie le 1^{er} juin 2024 par l'Office de l'environnement, consécutivement à un audit général de conformité conduit sur le site.

2 Cadre de référence

Les émissions de sons de basses-fréquences, notamment par voie solidienne, ne font pas l'objet de bases légales ni de directives ou exigences spécifiques en Suisse.

L'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) s'attache, entre autres, à protéger la population contre les immissions excessives. Pour ce faire elle se base sur des niveaux sonores globaux, sans distinction des gammes de fréquence. Les caractéristiques particulières d'une source de bruit peuvent être modulées par la prise en compte de facteur de correction (facteurs K).

La norme SIA 181 concerne pour sa part la protection contre le bruit dans les bâtiments (source intérieures et extérieures). Elle précise toutefois à son point 0.1.3 que « *la norme ne s'applique pas au bruit solidien issu d'une source extérieure* ». Elle n'est donc pas applicable dans le cas présent.

Ainsi, en absence de base légale ou réglementation spécifique, les autorités cantonales renvoient dans leur demande à une directive de la Confédération relative aux vibrations et bruit solidien d'installations ferroviaires (Directive pour l'évaluation des vibrations et du bruit solidien des installations de transport sur rails (EVBSR), OFEFP et OFT 20 décembre 1999). Cette référence est utilisée par analogie pour l'évaluation de la présente situation.

Les exigences fixées dans la directive précitée demandent de respecter une valeur de 35 dBA pour le bruit solidien, considéré durant la période nocturne à l'intérieur des locaux servant au séjour prolongé de personnes.

Valeurs indicatives d'immissions		
L _{eq} du niveau sonore à l'intérieur du local en dB(A)		
	Jour L _{eq} -16 h	Nuit L _{eq} -1 h
Zones d'habitation, zones d'intérêt public (aires d'école, hôpitaux)	40	30
Zones mixtes, centre-ville, zones de village, zones agricoles, zones d'habitation déjà exposées	45	35

Figure 1 Extrait de la directive, valeur de référence de 35 dBA

3 Déroulement des mesures

Les mesures de bruit ont été réalisées durant la soirée du 1^{er} juin 2024, entre 21h00 et 22h30, au moyen d'un sonomètre intégrateur 01dB Fusion certifié par le METAS.

Deux sites ont été définis :

- ♦ Fermes des Croisées, famille Sprunger, distant de 200 mètres de la source
- ♦ Entrée du village de Berlincourt, bâtiment n° 89, Mme Petitjean, distant de 500 mètres de la source

Une mesure du niveau sonore a été engagée à l'intérieur de locaux habités, d'une part avec les trois tamis enclenchés (10 min. environ) et d'autre part avec les trois sources arrêtées (10 min. environ).



Figure 2 Point d'évaluation à la ferme des Croisées

4 Résultats des mesures

4.1 Ferme des Croisées – Famille Sprunger

La mesure de référence a été effectuée dans la chambre à coucher du 1^{er} étage, fenêtre fermée donnant en direction de la place de forage.

Elle s'est déroulée entre 21h10 et 21h30, dans un premier temps avec les trois tamis hors fonction. Ces derniers ont été enclenchés à 21h20. Leur bruit n'était pas audible depuis l'intérieur de la chambre à coucher.

Les résultats sont présentés graphiquement à la figure ci-dessous :

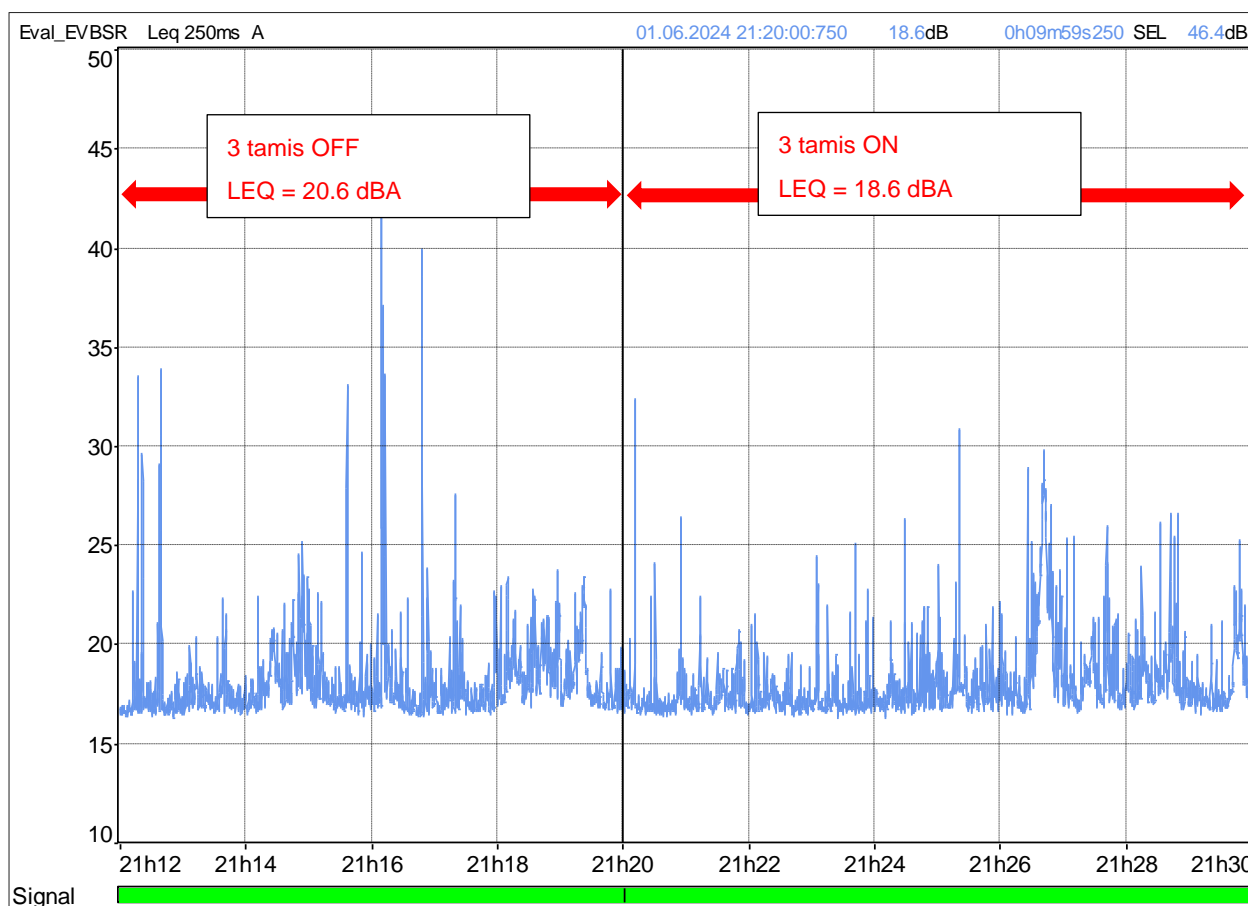


Figure 4 Mesure dans la chambre à coucher du 1^{er} étage

Le bruit mesuré est de l'ordre de 20 dBA à l'intérieur de la chambre et ne montre pas de différences mesurables et significatives avec l'activité des tamis (ou non).

Cette valeur se situe de manière nette au-dessous de la valeur de référence de 35 dB.

4.2 Berlincourt 89 – Mme Petitjean

Les mesures de référence ont été effectuées dans deux locaux distincts :

- ◆ Un local de transformation de produits alimentaires, dans lequel Mme Petitjean travaille régulièrement, situé à proximité de la route cantonale
- ◆ Le salon de l'appartement, possédant une baie vitrée orientée en direction de la place de forage.

Local de production

Les mesures se sont déroulées entre 22h00 et 22h20, dans un premier temps avec les trois tamis hors fonction. Ces derniers ont été enclenchés à 22h12. Leur bruit n'était pas audible depuis l'intérieur du local.

Les résultats sont présentés graphiquement à la figure ci-dessous :

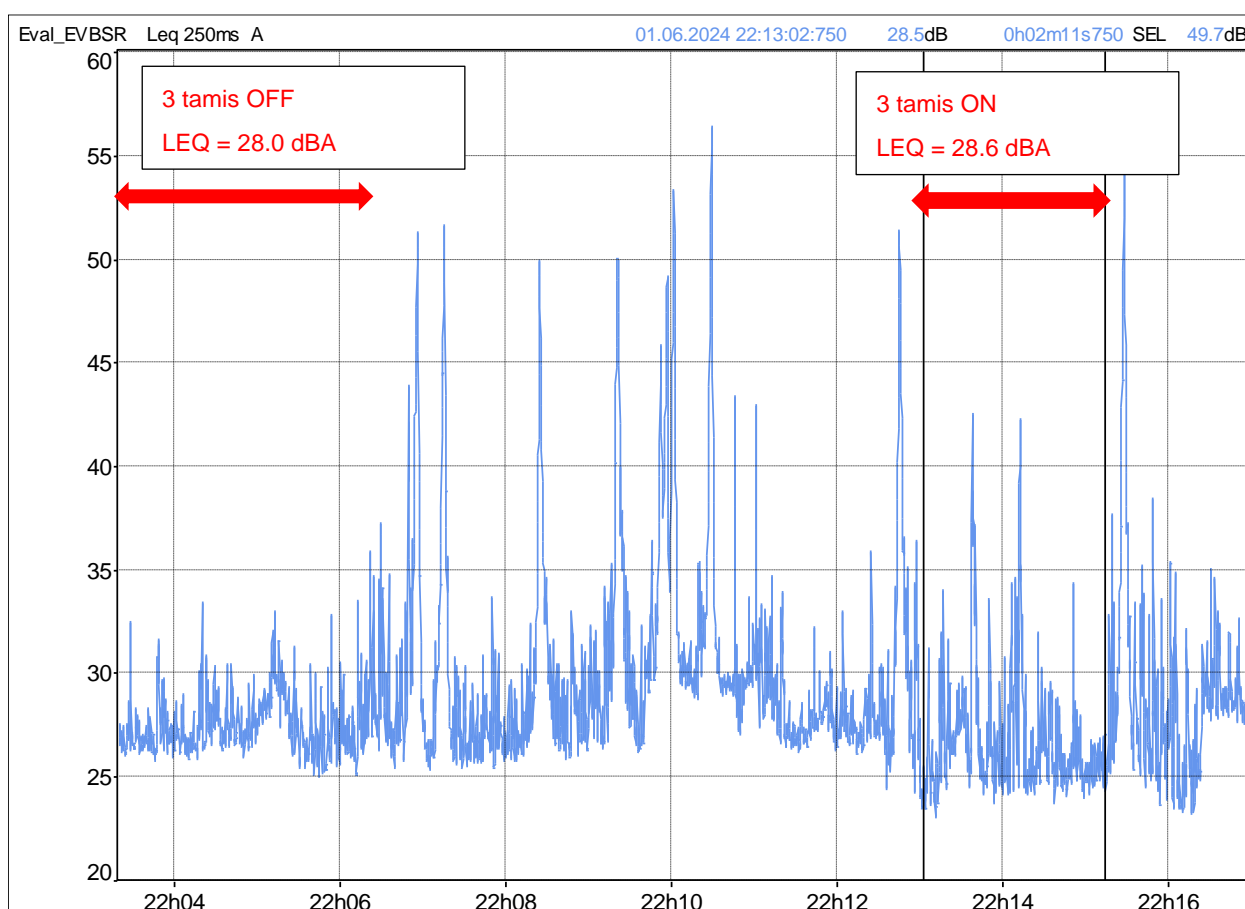


Figure 5 Mesure dans le local de production

Le bruit mesuré a été largement influencé par le passage de véhicules sur la route. Le Leq a été déterminé sur les plus longues périodes disponibles sans passage de trafic (entre pics). Le niveau sonore est de l'ordre de 28 dBA à l'intérieur du local de production et ne montre pas de différences mesurables et significatives avec l'activité des tamis (ou non).

Cette valeur se situe de manière nette au-dessous de la valeur de référence de 35 dB.

Salon

Les mesures se sont déroulées entre 22h20 et 22h50, dans un premier temps avec les trois tamis en fonction. Ces derniers ont été déclenchés à 22h35. Leur bruit n'était pas audible depuis l'intérieur du bâtiment.

Les résultats sont présentés graphiquement à la figure ci-dessous :

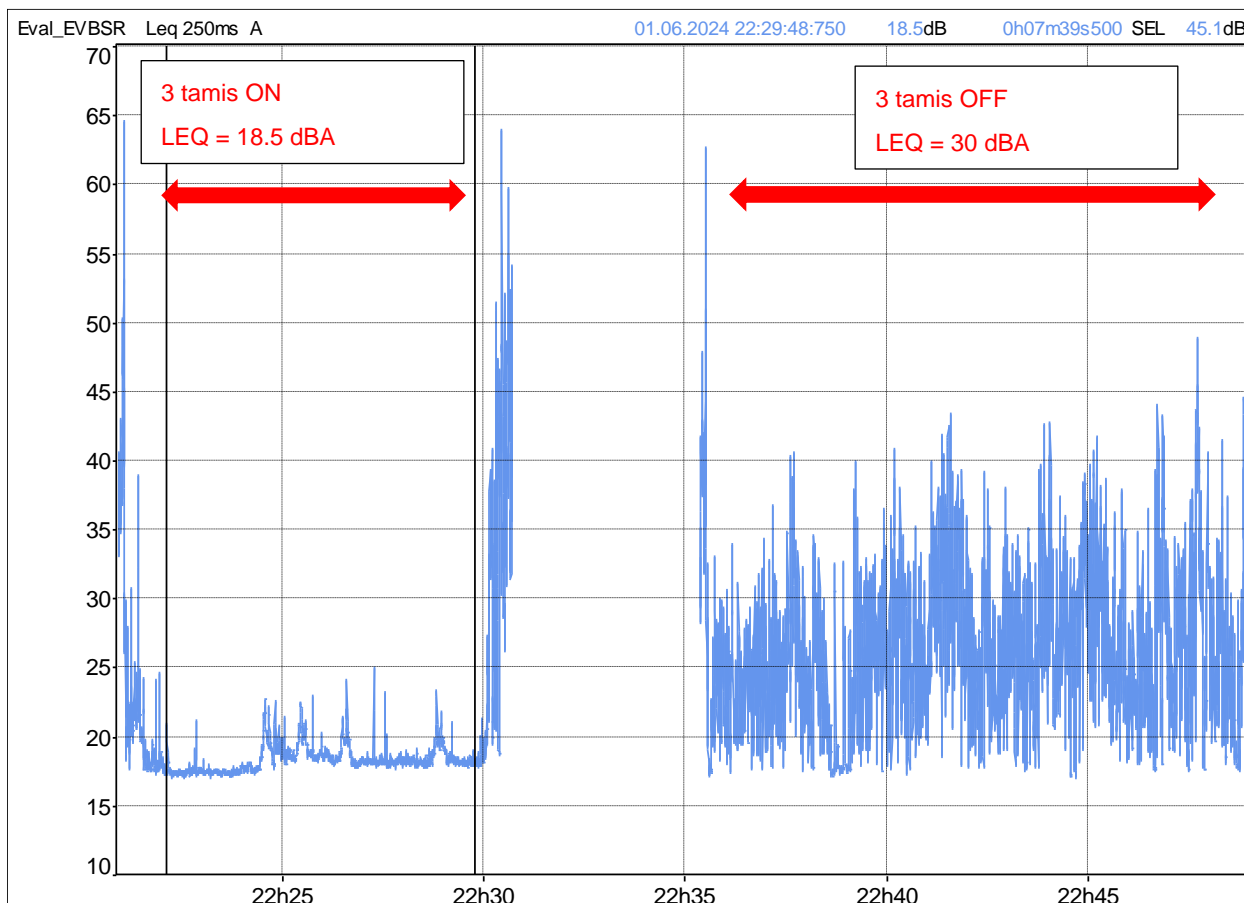


Figure 6 Mesure dans le salon

Le niveau sonore est inférieur à 20 dBA avec les tamis en fonction. Cette valeur se situe de manière nette au-dessous de la valeur de référence de 35 dB.

Dans la situation avec les tamis déclenchés, (après 22h35), le bruit mesuré a été largement influencé par les discussions menées à l'extérieur du logement (par 3 personnes), à proximité immédiate d'une fenêtre. Cette série de données n'apporte dès lors pas d'élément supplémentaire de comparaison.

5 Conclusion et discussion

Les mesures de bruit réalisées dans deux habitations ne montrent pas d'influence mesurable d'un éventuel bruit solidien issu des tamis.

Les niveaux sonores mesurés sont globalement bas, de l'ordre de 20 à 28 dBA, et sont dans les deux cas inférieurs à la valeur de référence de 35 dB définie pour le bruit solidien.

Ces mesures n'indiquent aucune évidence de transmission de bruit des tamis par voie solidienne.

La distance entre la source et les points d'immission ainsi que la nature des terrains des couches superficielles de la plaine (alluvions meubles sur molasse limono-argileuse) ne donnent pas non plus d'argument allant dans ce sens.

Appréciation complémentaire sur la contribution des tamis au bruit global

A l'extérieur des bâtiments, en particulier sur la terrasse couverte de la ferme des Croisées mais également à Berlincourt, la perception de sons de très basse fréquence a pu être ressentie par plusieurs personnes et a provoqué une gêne manifeste et verbalisée dans plusieurs cas. Entre le 27 mai et le 1^{er} juin l'exploitant a mis en œuvre plusieurs mesures techniques pour corriger la situation (tapis amortisseur sous les tamis et bâches acoustiques sur les côtés). La dernière mesure de bruit effectuée le 1^{er} juin sur la terrasse de la famille Sprunger après 21h30 a permis de mesurer et quantifier la contribution résiduelle imputable aux tamis.

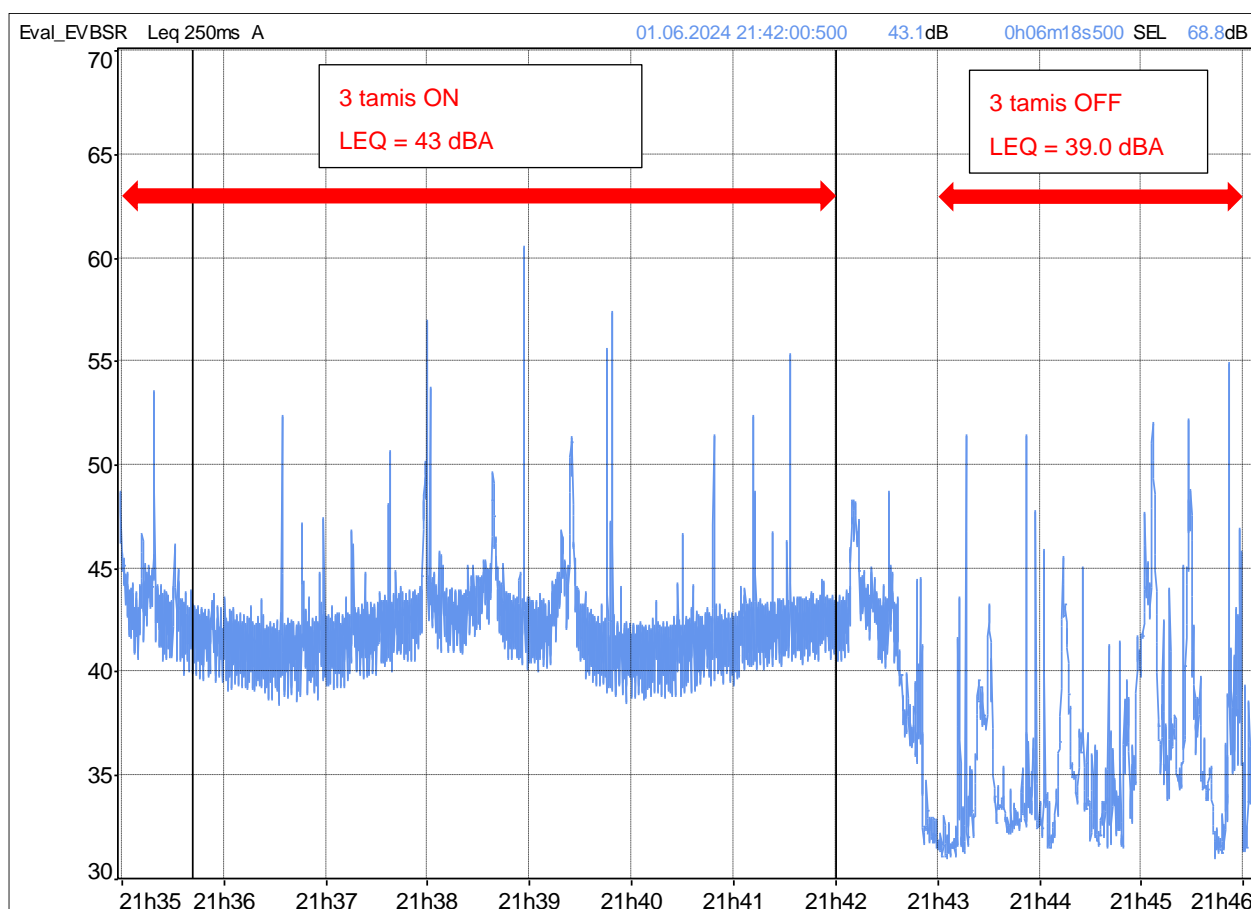


Figure 7 Mesure sur la terrasse extérieure

Dans les environs de la ferme des Croisées, la différence mesurée a été de l'ordre de 4 dBA lorsque les tamis ont été désactivés. Ce point confirme que ces sources apportent une contribution significative au bruit global de la place de forage. Par ailleurs, lors des mesures à Berlincourt le 1^{er} juin également, cette caractéristique de basses fréquences n'a pas été clairement ressentie, y compris à l'extérieur des bâtiments.

L'appréciation du bruit aérien et sa conformité légale est traitée dans un rapport distinct (Evaluation de la conformité OPB du forage de la section 1, CSD Ingénieurs SA, 2 juin 2024).

Delémont, le 2 juin 2024

CSD INGENIEURS SA

G. Monin

Dir. succursale JU

D. Lehmann

Ing. en environnement

CSD INGENIEURS SA

Rue de la Jeunesse 1

Case postale

CH-2800 Delémont 1

+41 32 465 50 30

delemont@csd.ch

www.csd.ch

CSD INGENIEURS 
INGÉNIEUX PAR NATURE



Géothermie profonde Haute-Sorne

Mesures de bruit du 14 août 2024

Note de synthèse - conformité OPB

Delémont, le 8 octobre 2024 / FCH11573.04

Table des matières

1	Contexte et objectifs	1
2	Méthodes de mesure du bruit	1
3	Phase de forage et nature du bruit	2
4	Résultats des mesures	4
5	Comparaison avec les mesures en continu	6
6	Evaluation de la conformité OPB	9
6.1	Méthode d'appréciation	9
6.2	Correction du bruit de fond.....	9
6.3	Correction de niveau OPB	9
6.4	Niveaux d'évaluation OPB	10
7	Conclusion générale	11

Liste des figures

Figure 1	Localisation des 8 points de mesures ponctuelles (en vert et rouge) et des deux stations de mesure fixes (en noir)	2
Figure 2	Illustration de l'avancement des travaux de forage (en bleu, état au 14.8.2024)	2
Figure 3	Répartition temporelle des huit séquences de mesures de bruit du 14.8.2024	3
Figure 4	Sonogrammes caractéristiques de la nuit du 14 août 2024 à Berlincourt	4
Figure 5	Synthèse des mesures brutes Leq	5
Figure 6	Point de mesure E1, situé à proximité immédiate du rack de stockage des tiges de forage (trajet des tiges en rouge)	6
Figure 7	Comparaison du sonogramme de la mesure 5-Veya Berlincourt avec celui de la mesure en continu sur le site (station 1)	7
Figure 8	Comparaison du sonogramme de la mesure 3-Berlincourt avec celui de la mesure en continu sur le site (station 1)	8
Figure 9	Synthèse des niveaux d'évaluation du bruit (en vert) incluant une correction du bruit de fond et les facteurs correctifs OPB	10

Liste des annexes

Annexe A	Fiches de mesures de bruit du 14.8.2024	12
----------	---	----

1 Contexte et objectifs

Les opérations de forage ont débuté le 21 mai 2024 sur le site de la géothermie à Glovelier. En réponse aux exigences formulées dans l'autorisation délivrée par le Canton, les niveaux sonores doivent être mesurés et documentés au cours de la phase de forage. Le principe de suivi est décrit dans le concept de monitoring du bruit approuvé dans la phase préparatoire (CSD Ingénieurs SA, document du 8 novembre 2023).

L'équipement de mesure du bruit en continu (deux stations fixes) a été installé et est opérationnel depuis le 9 mai 2024. Il permet de documenter l'évolution du bruit au jour le jour sur le site et au niveau de la ferme voisine des Croisées. En complément, deux campagnes de mesures ponctuelles ont été réalisées en différents points les 23 mai et 25 juin 2024 et font l'objet de rapports techniques distincts.

Au début du mois d'août 2024, alors que la profondeur du forage visée de 4'000 m était atteinte, des plaintes émanant d'habitants de Berlincourt ont été enregistrées par l'Office cantonal de l'environnement. Pour y donner suite et apporter des réponses argumentées, ENV a demandé de procéder à une série de mesures ponctuelles supplémentaires de bruit, orientées principalement dans le secteur de Berlincourt (mail ENV - Q. Theiler du 9 août 2014).

Une campagne de mesures a ainsi été organisée durant la nuit du 13 au 14 août 2024. A cette période, la phase de forage était terminée et les activités en cours sur la place de forage consistaient principalement au contrôle, au nettoyage et à l'équipement du forage (différentes manutentions des tiges de forage métalliques). Les résultats des mesures, l'appréciation de la conformité avec les objectifs fixés et les enseignements tirés de cette campagne de mesure font l'objet du présent rapport de synthèse.

Les valeurs de référence ainsi que la méthode d'évaluation du bruit sont définies par l'Ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit (OPB, annexe 6). Compte tenu de l'activité continue sur le site (24h sur 24), la période nocturne constitue le point d'attention principal. L'exigence fixée dans l'autorisation d'exploiter tient au respect des valeurs limites d'immission de l'OPB pour tous les locaux à usage sensible au bruit du voisinage. Pour le degré de sensibilité au bruit DS III, applicable dans le secteur concerné pour les habitations les plus proches à la périphérie du site, la VLI est de 55 dB durant la nuit, ce qui constitue l'objectif à respecter.

2 Méthodes de mesure du bruit

Deux stations de mesure en continu ont été installées et sont actives depuis le 9 mai (points noirs à la figure ci-dessous) :

- ◆ Station 1 : interne à la place de forage
- ◆ Station 2 : à proximité de la ferme des Croisées

En complément à ces mesures en continu, une campagne de mesures ponctuelles supplémentaire a été réalisée dans la nuit du 13 au 14 août 2024, entre 1h00 et 5h00 de manière à s'affranchir autant que possible du bruit de fond et d'autres bruits parasites (trafic, train, autres activités industrielles).

Les mesures sont réalisées au moyen de sonomètres intégrateurs 01DB FUSION certifiés par le METAS.

Les points de mesure définis à l'occasion des campagnes précédentes de mesures de bruit ont été réutilisés :

- ◆ Mesure à l'émission sur la place de forage : points E1 à E5 (points verts à la figure ci-dessous, le point E4 n'as pas été documenté le 14 août)
- ◆ Mesure à l'immission en direction des principales zones d'habitation : points rouges à la figure ci-dessous, quatre points ont été documentés (le point 4-Glovelier a été remplacé par un deuxième point de mesure à Berlincourt)



Figure 1 Localisation des 8 points de mesures ponctuelles (en vert et rouge) et des deux stations de mesure fixes (en noir)

3 Phase de forage et nature du bruit

La phase de forage proprement dite a débuté le mardi 21 mai et s'est poursuivie jusqu'à la fin juillet pour atteindre la profondeur recherchée de 4'000 m.

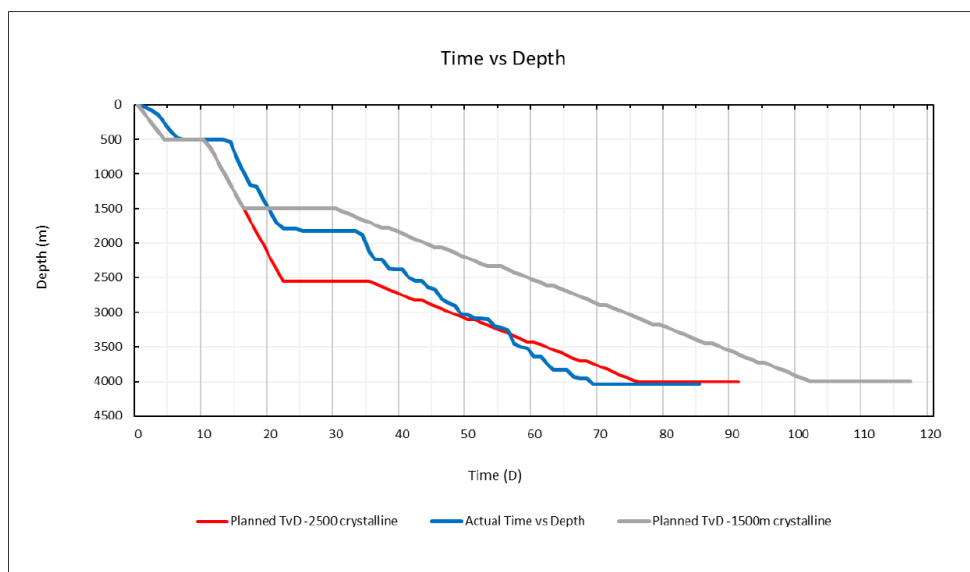


Figure 2 Illustration de l'avancement des travaux de forage (en bleu, état au 14.8.2024)

A partir du début août, les activités menées sur le site étaient dès lors concentrées sur les ultimes travaux d'alésage, de nettoyage, de contrôle et d'équipement du puits de forage. Ces opérations impliquent de nombreux montages et démontages du train de tiges, ainsi que la manutention des tiges de forage, se caractérisant en particulier par des bruits de chocs répétés entre les pièces métalliques. Le bruit des moteurs (foreuse, pompes, tamis) était en revanche moins dominant qu'au cours de la phase de forage.

La figure ci-dessous indique les séquences temporelles de mesures de bruit aux différents points retenus, en superposition aux niveaux sonores mesurés à la station 1 sur la place de forage. Elle confirme que les mesures de bruit se sont déroulées durant des périodes d'activité (et non pas de « pauses »).

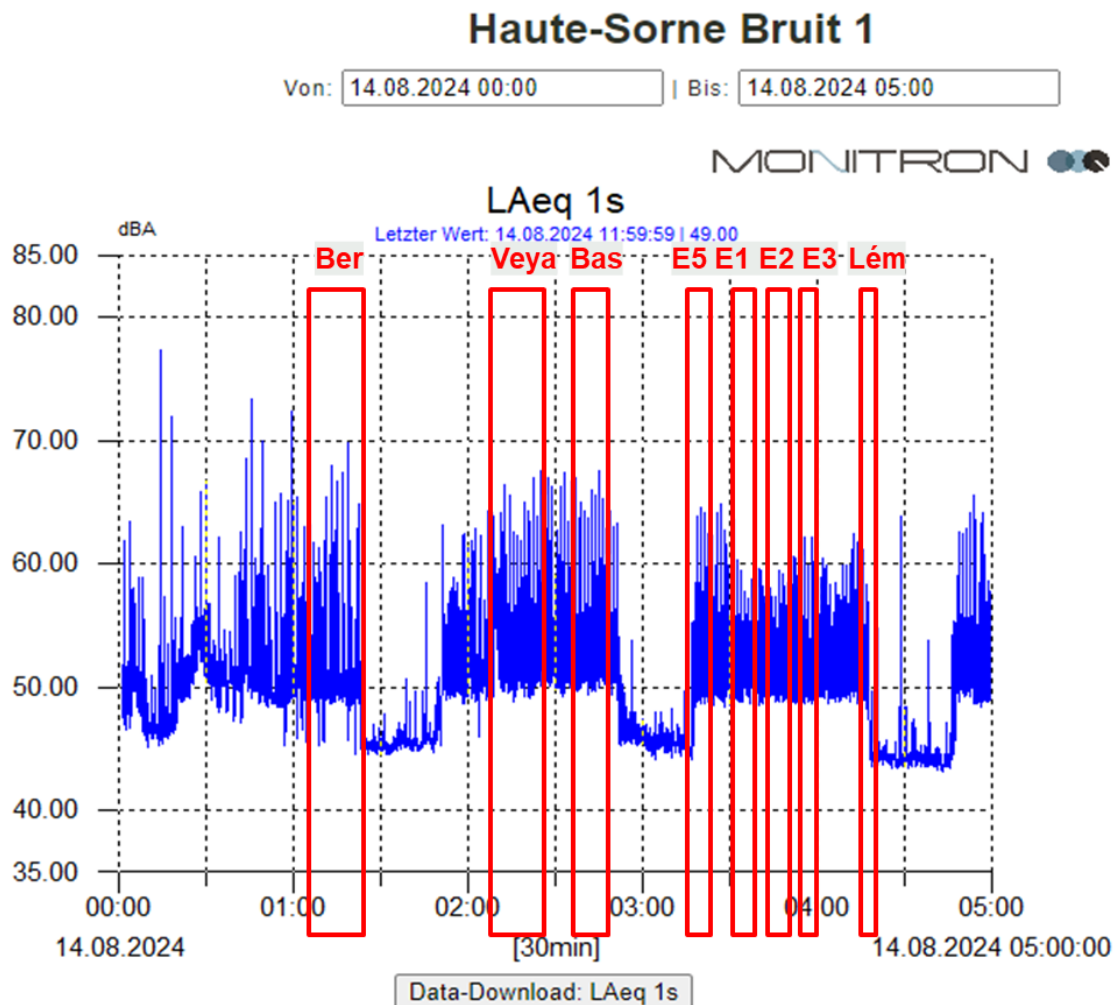


Figure 3 Répartition temporelle des huit séquences de mesures de bruit du 14.8.2024

4 Résultats des mesures

Les mesures ponctuelles de nuit ont été effectuées dans de bonnes conditions (météo, exploitation du site, choix des points de mesure) et ont permis de réaliser des mesures fiables et représentatives de la situation du moment.

Les niveaux sonores ont été mesurés en 8 points, sur une durée de 10 à 20 minutes chacun, et permettent de donner un niveau sonore équivalent (Leq) caractérisant chaque période de mesure.

Une description détaillée des conditions de mesure et des résultats est donnée par les fiches jointes en annexe. La représentation graphique des niveaux sonores mesurés confirme l'apparition régulière de bruits de chocs métalliques, également constatés sur place lors des mesures (rangement des tiges de forage sur le rack au sol). La situation est illustrée par les deux figures ci-dessous découlant des mesures effectuées à Berlincourt :

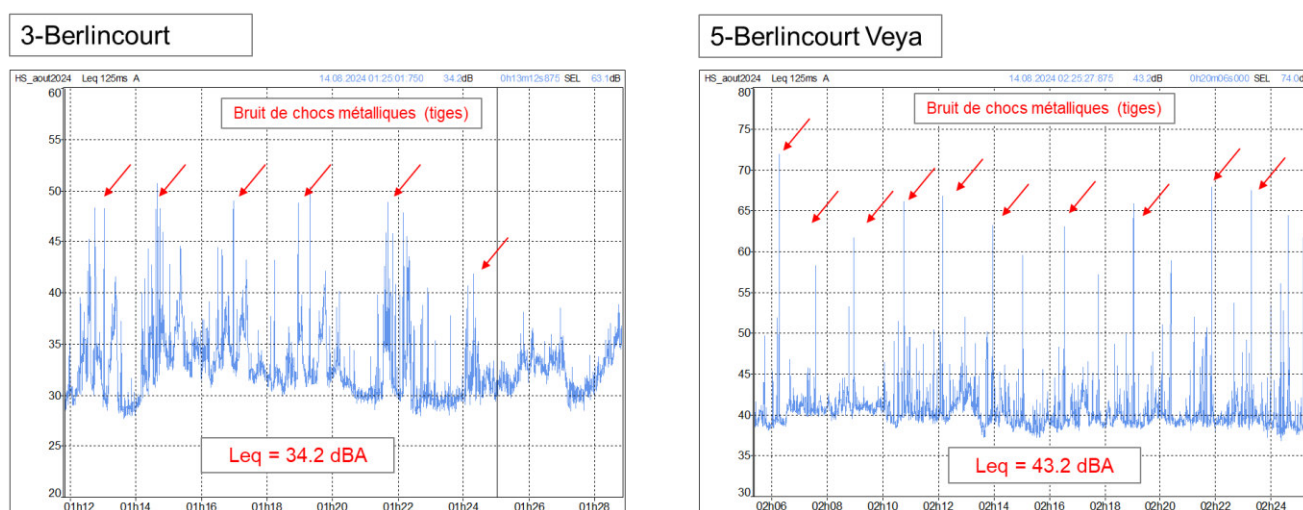


Figure 4 Sonogrammes caractéristiques de la nuit du 14 août 2024 à Berlincourt

Les sources de bruit constatées cette nuit-là proviennent principalement des allers-retours verticaux du top-drive (bruit du treuil mais sans le moteur en fonction) ainsi que des opérations de démontage du train de tiges. Les pics mesurés proviennent en particulier de chocs entre deux tiges lorsque celles-ci sont entreposées sur le rack de rangement au sol (voir figures ci-dessous). Dans les phases de démontage les plus actives, ces bruits de chocs se répètent à un intervalle régulier toutes les 1 à 2 minutes environ.

Ce type d'opération est spécifique à la phase de finalisation du forage, est associée à une durée de quelques jours, et n'est pas réellement représentative d'une situation moyenne de l'activité de forage. Elle comporte néanmoins des composantes de bruit particulières susceptibles de provoquer une gêne pour une partie de la population en période nocturne (bruits répétés de chocs métalliques perceptibles à distance).

De manière générale, les mesures sont relativement homogènes et indiquent les niveaux sonores suivants :

- ◆ environ 50 à 55 dBA en périphérie de la place de forage
- ◆ environ 35 à 40 dBA au niveau des points éloignés (environ 500 m, cercle noir sur la figure)

Les résultats des mesures brutes sont synthétisés à la figure suivante :

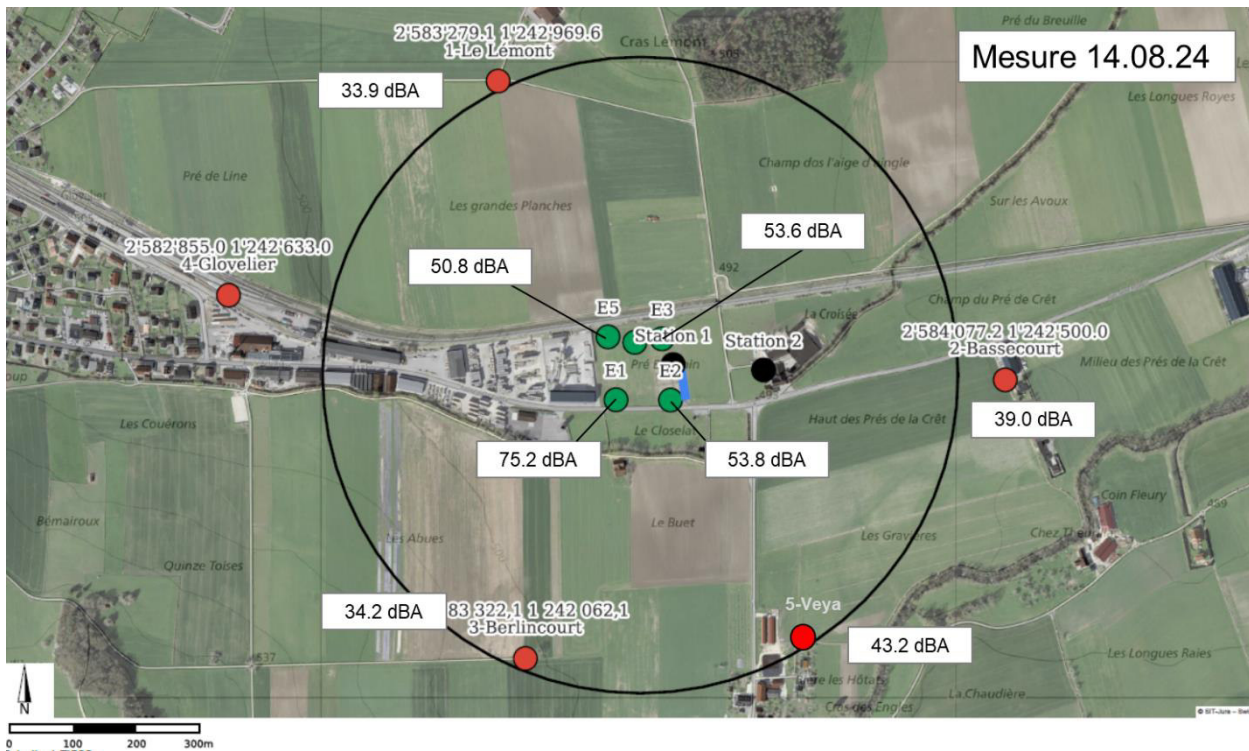


Figure 5 Synthèse des mesures brutes Leq

L'interprétation des données brutes de mesure et les observations et le ressenti de l'opérateur présent sur place amènent les commentaires suivants :

- ◆ le niveau sonore au point E1 est nettement supérieur (+ 20 dBA) aux autres points d'émission (E2, E3, E5) : la mesure est clairement influencée par la gestion des tiges sur le rack de stockage (voir figure 6). Le graphe de la fiche de mesure E1 annexée montre des pics sonores atteignant 95 à 100 dBA. Ces pics de bruit se propagent préférentiellement en direction du sud et du village de Berlincourt. Dans les autres directions, des éléments constructifs (containers, foreuse) limitent la propagation de ces bruits.
- ◆ le niveau sonore au point 5-Veya Berlincourt est supérieur de 9 dBA au niveau mesuré au point 3 à Berlincourt, pourtant situé à une distance similaire. Trois explications sont avancées pour expliquer cette différence (et intervenant potentiellement de manière conjointe) :
 - Le bruit de fond était manifestement plus élevé au point 5 (également selon les observations de l'opérateur), provenant principalement de l'écoulement de la Sorne à une centaine de mètres à l'Est ainsi que d'autres bruits locaux (bétail, vent dans les arbres)
 - Le point 5 connaît une orientation légèrement différente par rapport au point 3 et qui présente un angle de vision davantage ouvert sur la source de bruit principale (rack de rangement des tiges au sol)
 - La plage de mesure (1h plus tard qu'au point 3) est le reflet d'émissions temporairement plus élevées sur le rack et la place de forage en général (type de tiges, début/fin d'une rangée, vitesse d'arrivée plus élevée, autres sources de bruit actives, ...). L'analyse des données de mesure en continu à la station 1 tend à confirmer cette hypothèse (voir chapitre suivant).

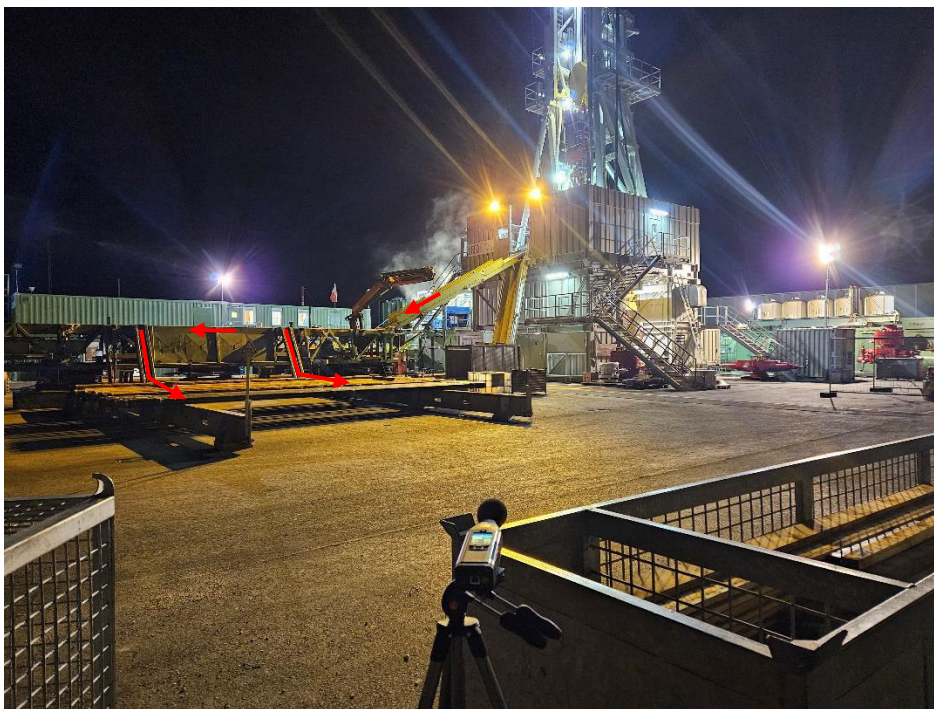


Figure 6 Point de mesure E1, situé à proximité immédiate du rack de stockage des tiges de forage (trajet des tiges en rouge)

5 Comparaison avec les mesures en continu

Les deux stations de mesures fixes fournissent des résultats de mesure en continu, particulièrement utiles pour l'interprétation des effets et la compréhension globale des activités qui se déroulent sur le site.

Les figures des deux pages suivantes présentent une comparaison des sonogrammes des deux points de mesure de Berlincourt (n° 3 et 5) avec le sonogramme de la station de mesure en continu sur le site (station 1), pour une plage temporelle similaire.

On constate de manière générale une bonne corrélation entre l'évolution des niveaux sonores mesurés sur le site et ceux mesurés à une distance plus éloignée (environ 500 m). En particulier pour le type d'activité caractéristique de la nuit du 14 août, l'émergence des bruits de chocs des tiges se retrouve de manière systématique sur les deux graphes.

Leur intensité maximale est toutefois plus faible au point 3-Berlincourt (max. 45 dBA, résolution Leq 1s) qu'au point 5-Veya Berlincourt (max. 60 dBA, résolution Leq 1s), ce qui peut s'expliquer par la présence d'obstacles sur le site qui limitent la propagation du bruit vers le point n° 3 (container sécurité, transformateur BKW, ...), alors que la propagation est davantage libre en direction du point 5.

On peut remarquer également que les niveaux sonores mesurés à la station 1 traduisent une activité sur le site légèrement différente entre les deux situations (à 1h00, respectivement 2h00 du matin), ce qui peut expliquer en partie les différences des niveaux sonores moyens mesurés aux points 3 et 5 (davantage d'intervalles de « pauses » au cours de la mesure au point 3).

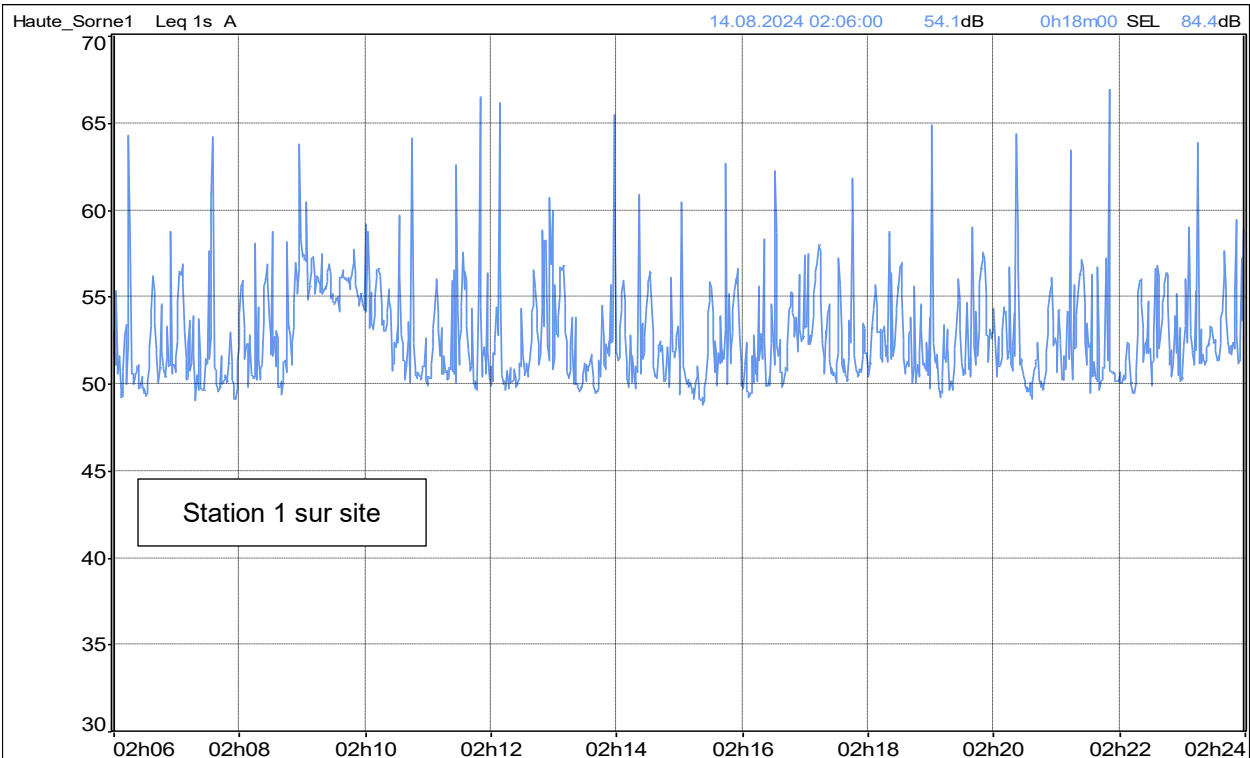
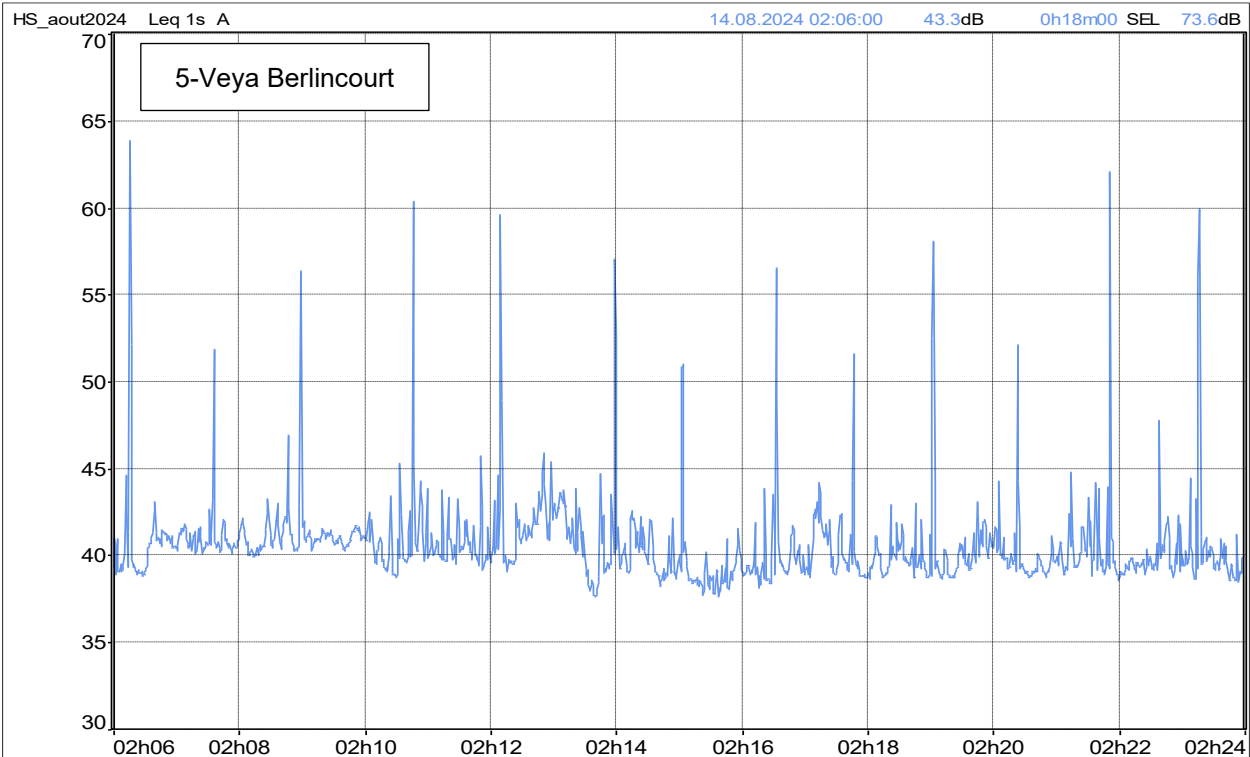


Figure 7 Comparaison du sonogramme de la mesure 5-Veya Berlincourt avec celui de la mesure en continu sur le site (station 1)

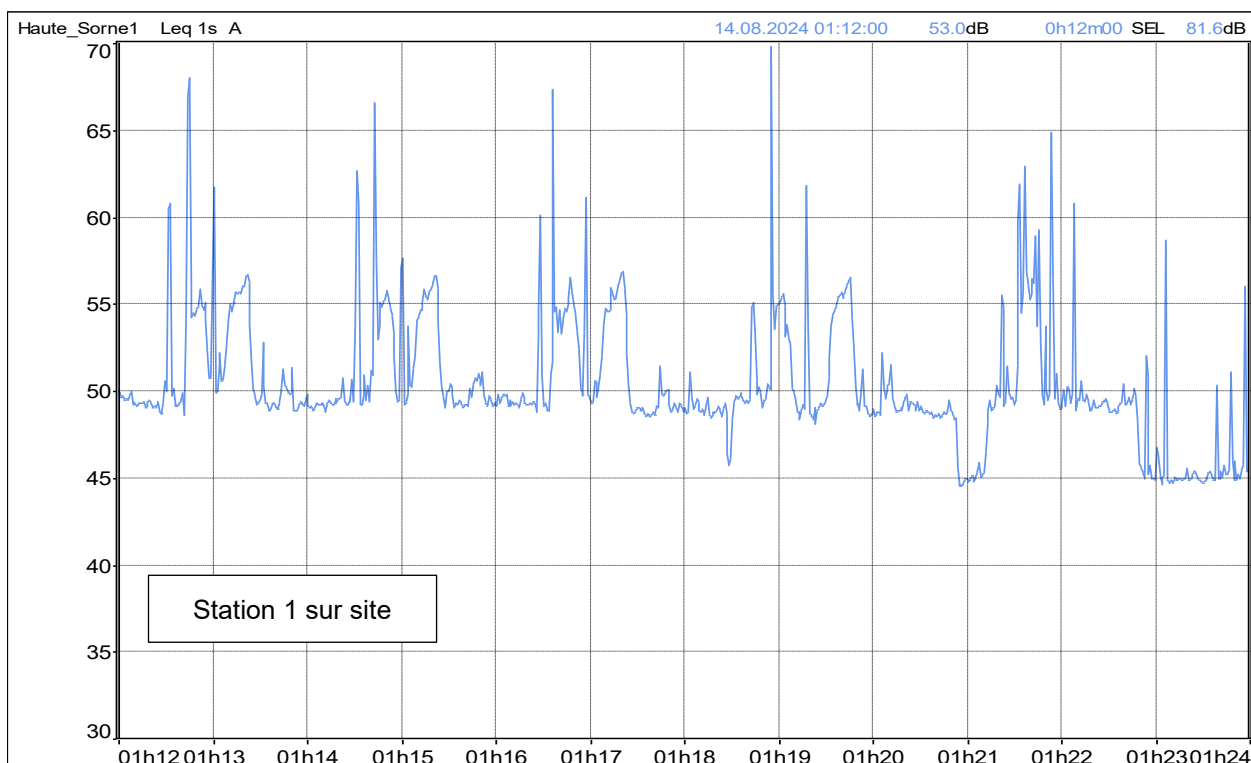
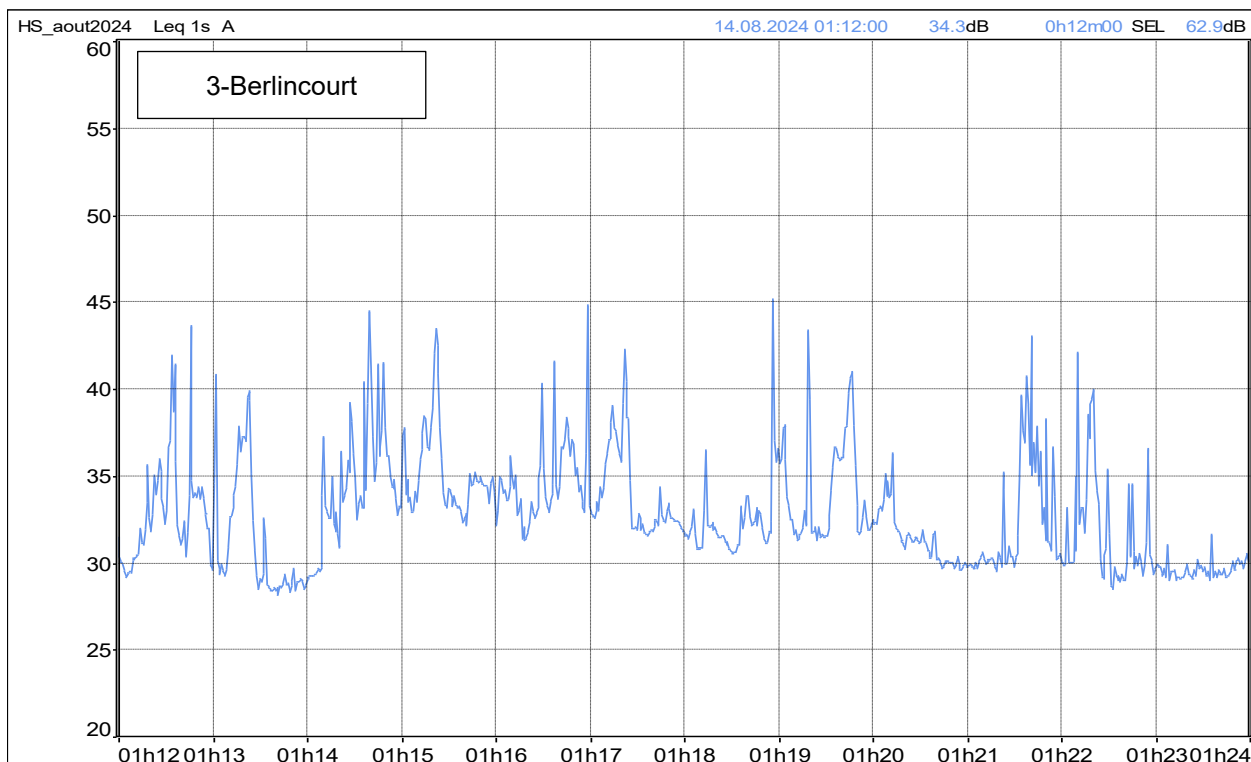


Figure 8 Comparaison du sonogramme de la mesure 3-Berlincourt avec celui de la mesure en continu sur le site (station 1)

6 Evaluation de la conformité OPB

6.1 Méthode d'appréciation

Pour l'appréciation de la conformité légale de l'installation sur la base de l'annexe 6 OPB, un niveau d'évaluation sonore L_r doit être déterminé au niveau de la façade de chaque bâtiment directement exposé au bruit de l'installation (valeur à comparer à la VLI de l'OPB).

Dans le cadre de la présente évaluation, la transposition des résultats bruts des mesures (L_{eq}) vers une situation effective correspondant à celle des locaux à usage sensible au bruit n'a pas été effectuée. Le niveau d'évaluation L_r a en revanche été déterminé pour chaque point de mesure, dans les quatre directions cardinales. Les zones d'habitations concernées étant systématiquement situées à une distance supérieure à celles des points d'évaluation, les conclusions sont y sont applicables par analogie.

6.2 Correction du bruit de fond

Il a été constaté au cours des mesures que le bruit de fond était significatif pour certains points, en particulier le n° 5-Veya Berlincourt (écoulement de la Sorne, vent et bétail à proximité).

Afin de déterminer le plus précisément possible le niveau sonore imputable à l'activité de la place de forage, le bruit de fond a été déduit de la valeur brute mesurée en chacun des points. Le niveau du bruit de fond considéré repose sur une appréciation de l'opérateur, appuyée par une analyse statistique des données (calcul du percentile 90).

Les valeurs corrigées se présentent comme suit :

Point	L_{eq} brut [dBA]	Bruit de fond [dBA]	L_{eq} corrigé [dBA]
1-Lémont	33.9	27.0	32.9
2-Bassecourt	39.0	36.0	36.0
3-Berlincourt	34.2	29.0	32.6
5-Veya Berlincourt	43.2	38.0	41.6

6.3 Correction de niveau OPB

L'évaluation selon l'annexe 6 OPB implique la prise en compte de facteurs correctifs K_1 à K_3 , permettant de nuancer l'appréciation et inclure les caractéristiques spécifiques du bruit perçu, en particulier ses composantes tonales et impulsives.

Dans le cas présent, les différentes observations effectuées au cours de la nuit du 14 août sur le site et dans un périmètre éloigné révèlent que le bruit perçu correspond à des sons sourds et diffus, de faible intensité puisque le moteur de la foreuse n'était plus en action, entrecoupés à intervalles réguliers par des bruits de chocs métalliques, d'intensité variable mais clairement audibles même à distance. Cette dernière particularité explique en grande partie la gêne ressentie par les habitants de Berlincourt qui se sont manifestés à cette période.

Sur la base des mesures et observations effectuées sur place, au droit des locaux et habitations à protéger, l'appréciation suivante peut être donnée concernant la correction de niveau OPB :

- ◆ Facteur K_1 : déterminé de manière fixe pour les installations industrielles : **$K_1 = 5$ dBA**
- ◆ Facteur K_2 – composantes tonales : aucune composante tonale audible à distance (moteur du forage inactif, pas de bruit perceptible de pompes ou tamis), **$K_2 = 0$ dBA**

- ◆ **Facteur K3 – composantes impulsives :** les bruits de chocs métalliques, à intervalles de quelques minutes, sont nettement audibles, par moments plus faiblement, mais rarement fortement audibles. Une audibilité « nette » est ainsi considérée, **K2 = 4 dBA**

La somme des facteurs correctifs selon annexe 6 OPB est donc de **+ 9 dBA** pour les zones d'habitation environnantes.

6.4 Niveaux d'évaluation OPB

Les niveaux d'évaluation L_r sont définis par l'addition des facteurs K OPB (ici + 9 dB, voir chapitre 6.3) au L_{eq} résultant de la mesure de bruit du 14 août, ici corrigée du bruit de fond (selon chapitre 6.2).

Les résultats des niveaux d'évaluation Lr sont synthétisés à la figure suivante :

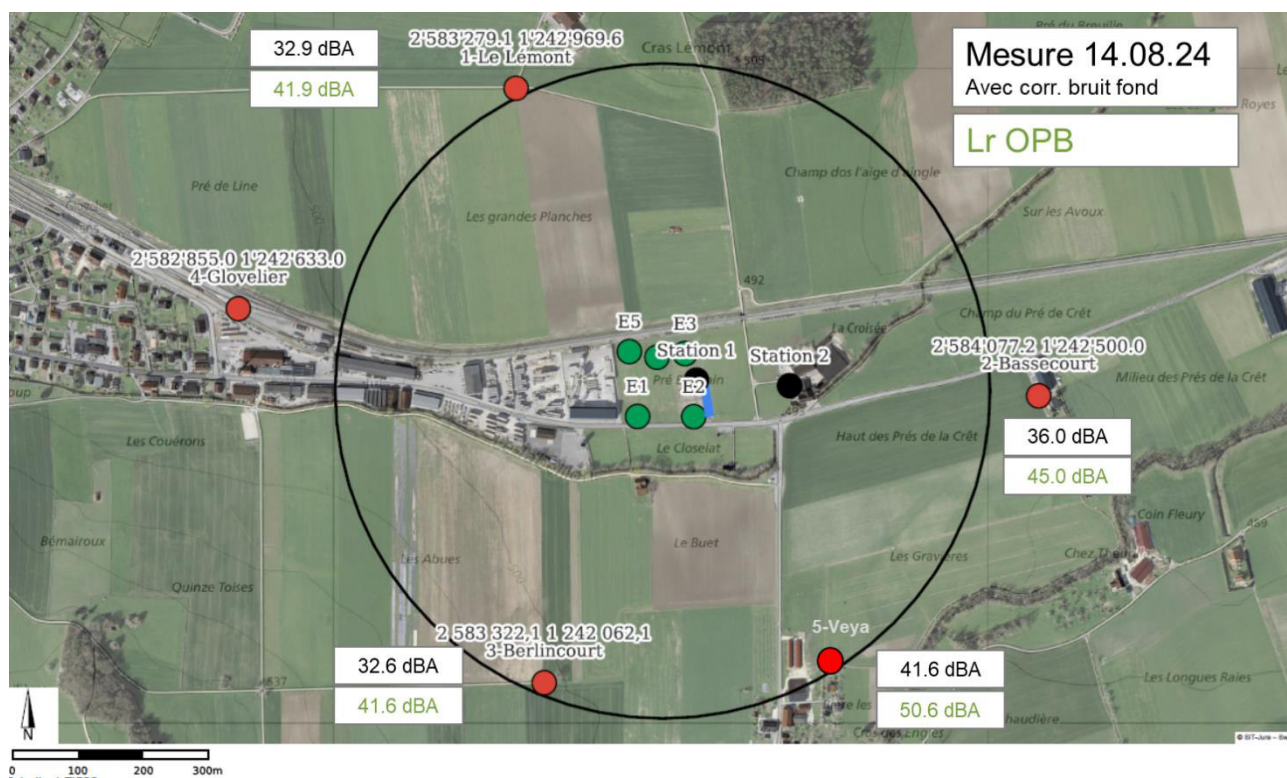


Figure 9 Synthèse des niveaux d'évaluation du bruit (en vert) incluant une correction du bruit de fond et les facteurs correctifs OPB

Les niveaux d'évaluation OPB sont compris entre 42 et 51 dBA pour les quatre points d'évaluation retenus. La VLI de 55 dBA est par conséquent clairement respectée, avec une marge de plus de 4 dBA.

Par analogie, on peut en déduire que les VLI sont également respectées au niveau des habitations de chaque village ainsi qu'à la ferme du Lémont puisque ces récepteurs sont situés à une distance supérieure (et dans une direction similaire) à celle du point de mesure.

7 Conclusion générale

Le monitoring du bruit du chantier de forage est réalisé dans le cadre du SER et a pour objectif de vérifier le respect des conditions fixées dans l'autorisation délivrée par les autorités cantonales (respect des VLI de l'OPB). Il est réalisé à l'aide de deux stations de mesure en continu installées sur le site du chantier ainsi qu'à proximité de la ferme des Croisées.

Deux campagnes de mesures ponctuelles ont été réalisées en mai et juin 2024 au cours du forage exploratoire. Leurs résultats font l'objet de rapports distincts.

A la suite de réclamations transmises par des résidents de Berlincourt au sujet du bruit nocturne des activités, une campagne supplémentaire de mesures ponctuelles a été réalisée dans la nuit du 13 au 14 août 2024 dans le but de caractériser et quantifier les niveaux sonores. A cette date, les opérations de forage étaient terminées (la profondeur de forage recherchée étant atteinte depuis fin juillet) et les activités bruyantes correspondaient à des travaux spécifiques de finalisation et d'équipement du puits. Les émissions se caractérisaient en particulier par une succession de bruits de chocs métalliques entre les tiges de forage lors de leur rangement, à intervalles de quelques minutes, clairement perceptibles depuis le village de Berlincourt en particulier.

L'interprétation des données à disposition pour cette phase spécifique de démontage du train de tige montrent que les VLI de l'OPB sont respectées au niveau des habitations des villages environnants, avec une marge importante et une confiance élevée. Les niveaux d'évaluation L_r y sont égaux ou inférieurs à 51 dB(A) alors que l'objectif fixé est de 55 dBA (VLI).

Bien que les exigences fixées dans l'autorisation soient respectées, il apparaît néanmoins que les bruits de chocs répétitifs au cœur de la nuit ont pu provoquer un sentiment de gêne pour une partie de la population. Au titre de la limitation préventive des émissions, il conviendra d'examiner la pertinence et la proportionnalité de mesures de limitation supplémentaires de cette source de bruit pour des opérations similaires ultérieures. Les actions suivantes permettraient en particulier d'atténuer cet effet durant les périodes concernées par les travaux de démontage du train de tige :

- ◆ Adaptation technique du rack de stockage au sol (matériaux amortisseurs, freinage des tiges en roulement, ...)
- ◆ Présence de personnel pour freiner la tige en mouvement ou éviter les chocs (séparation des tiges au moyen de cales « souples »)
- ◆ Adaptation des horaires et méthodes de travail (pas de démontage du train de tiges durant la nuit)
- ◆ Construction d'une paroi en limite sud de la place de forage pour limiter la propagation du bruit émis par le rangement des tiges (en direction de Berlincourt)

Delémont, le 8 octobre 2024

CSD INGENIEURS SA

G. Monin

Dir. succursale JU

D. Lehmann

Ing. en environnement

Annexe A Fiches de mesures de bruit du 14.8.2024

**FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES**

Nom : E1

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	3h33 - 3h39
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°58'3"464 1°24'2"468
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

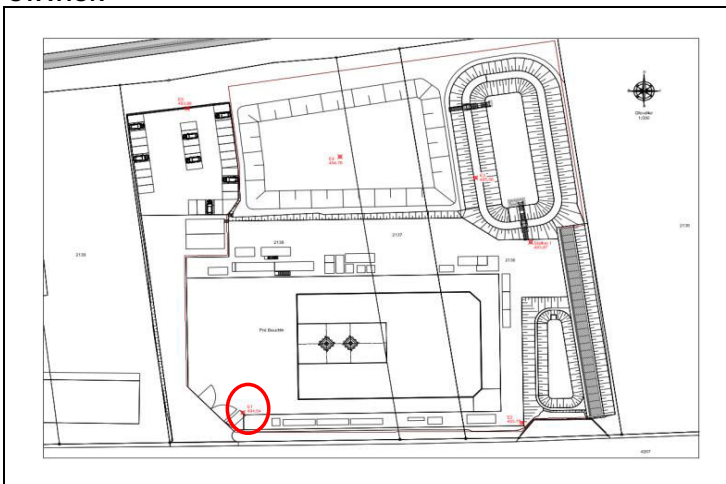
Température	
Vent	faible
Météo	beau

Leq = 75.2 dBA

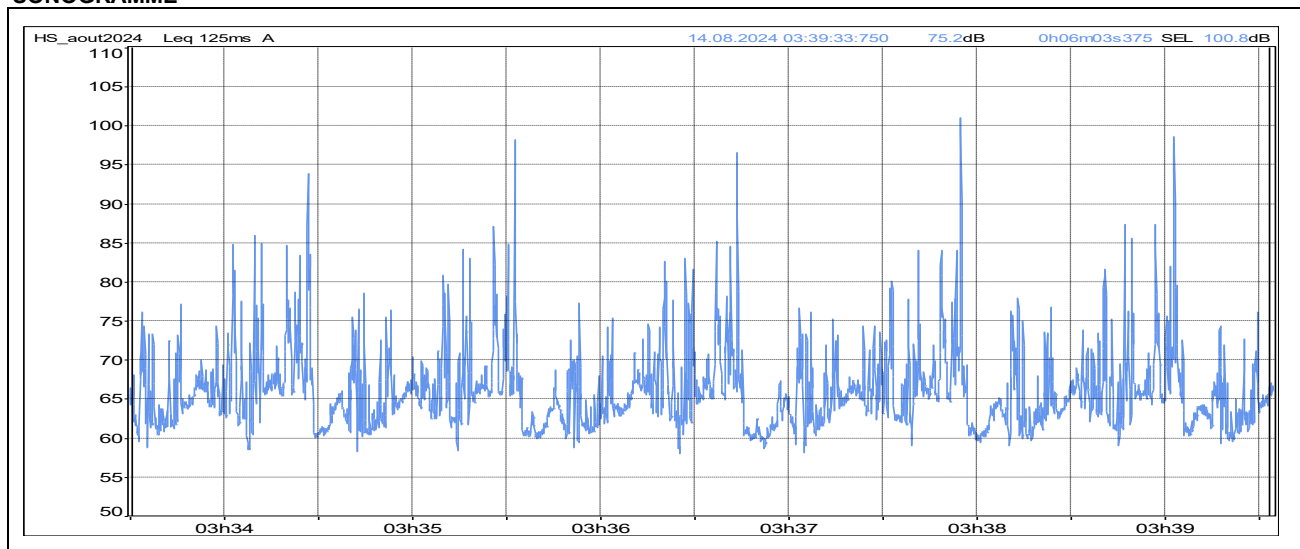
REMARQUES

Dépose des barres BHA

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h33	Départ de la mesure				
			X	X	Opération répétitive
					Choc / bruit de cloche
3h39	Fin mesure				Leq = 75.2 dBA (6 min)

**FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES**

Nom : E2

DONNÉES GÉNÉRALES

Date 14.08.2024
Heures début-fin 3h44 - 3h51
Opérateur GMO
Coordonnées 2°58'3"545 1°24'2"470
Hauteur micro 1.5 m
Sonomètre FUS 1

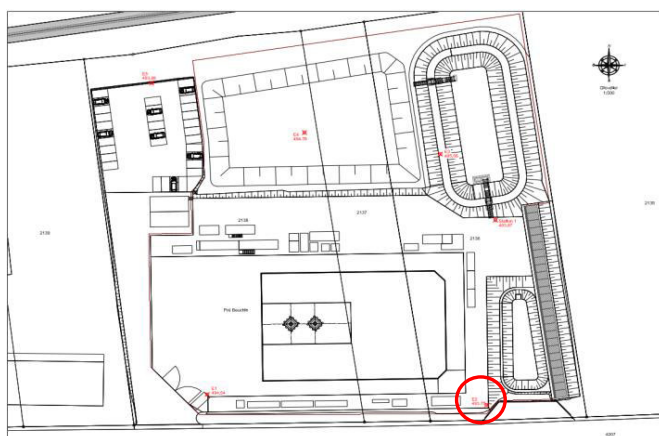
CONDITIONS

Température
Vent
Météo

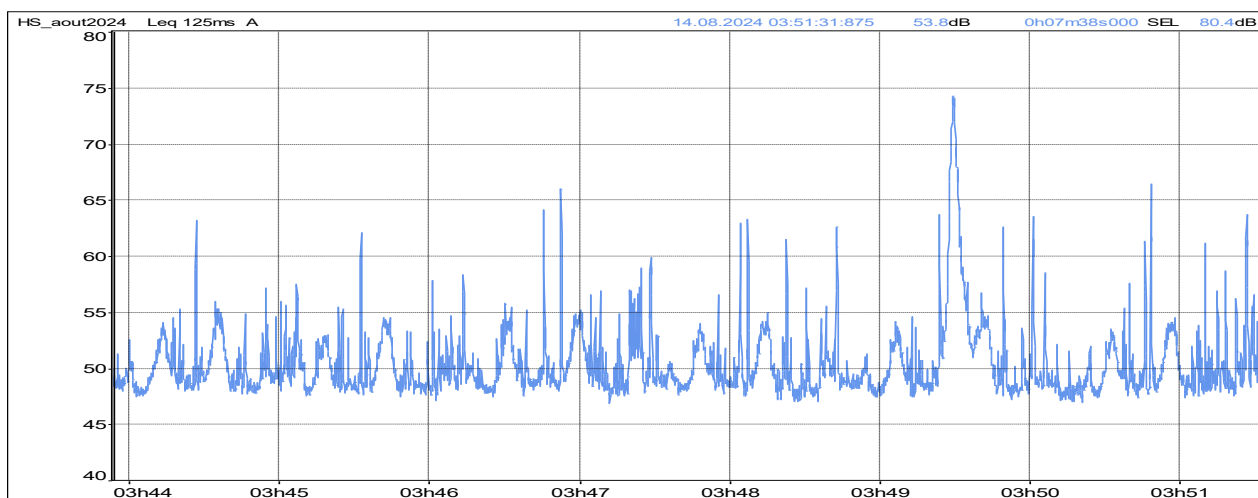
Leq = 53.8 dBA

REMARQUES

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h44	Départ mesure				
			X	X	
3h51	Fin mesure				Leq = 53.8 (7 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : E3

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	3h54 - 4h00
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°58'537 1°24'2564
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

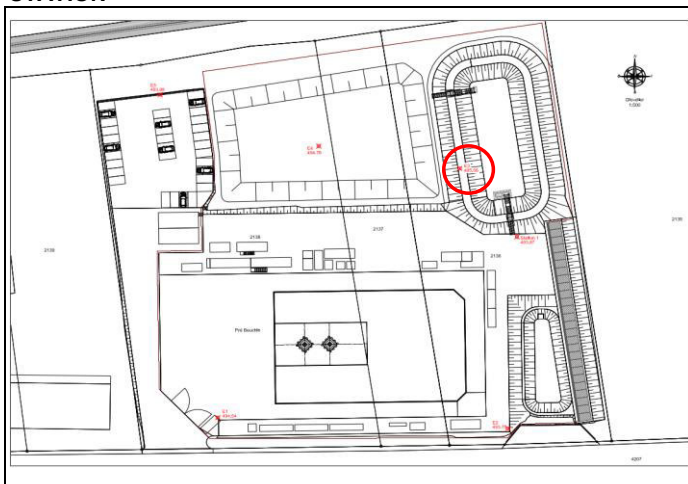
Température	
Vent	
Météo	

Leq = 53.6 dBA

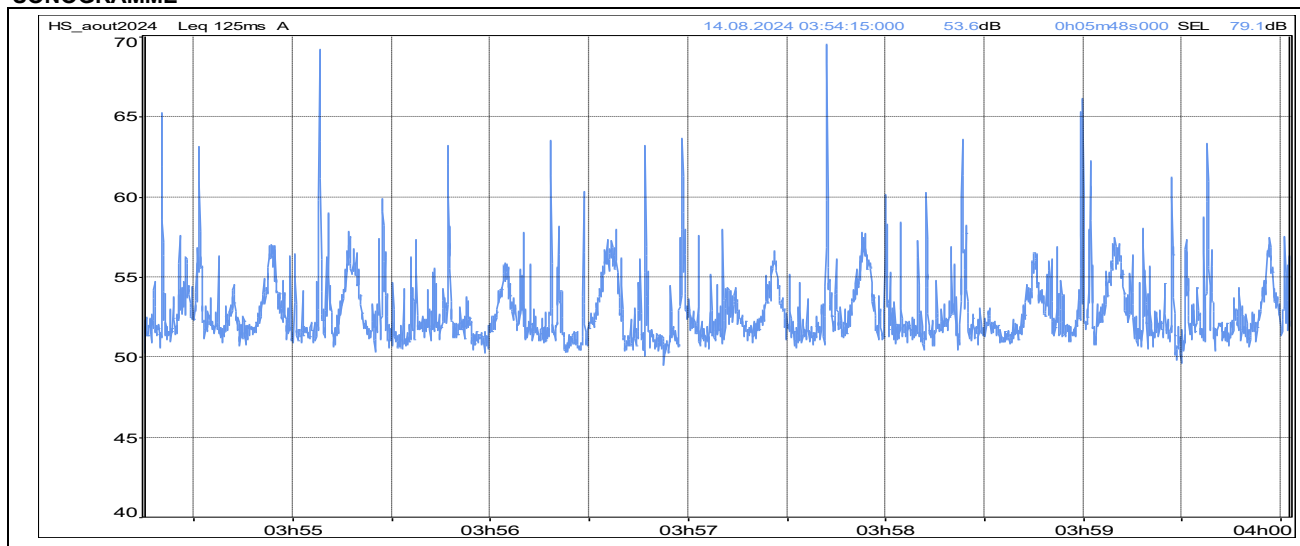
REMARQUES

Bruits de choc réguliers

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h54	Départ mesure				
			X	X	Bruit très régulier
					Leq = 53.6 dBA (6 min)
4h00	Fin de mesure				

**FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE
PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES**

Nom : E5

DONNÉES GÉNÉRALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	3h18 - 3h25
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°58'3"452 1°24'2"567
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

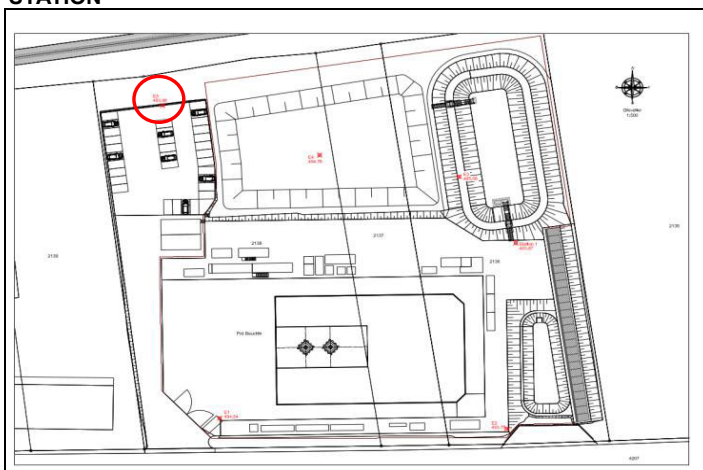
CONDITIONS

Température	
Vent	
Météo	

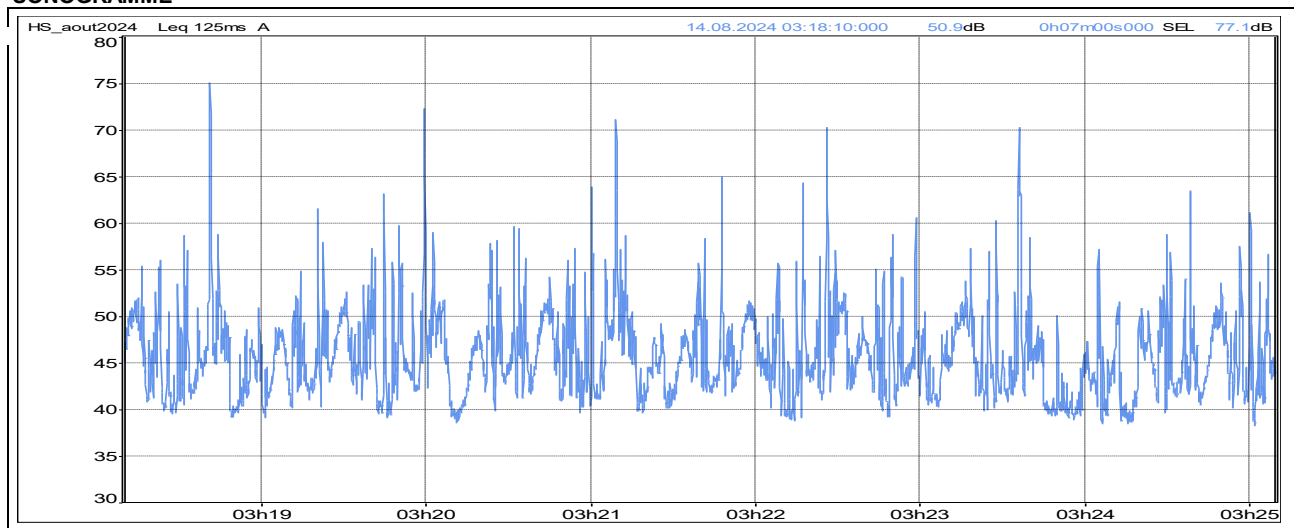
Leq = 50.9 dBA

REMARQUES

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
3h18	Départ mesure				
			X	X	
3h25	Fin de mesure				Leq = 50.9 dBA (7 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 1-Lémont

DONNÉES GENERALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	4h14 - 4h18
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°58'3"279 1°24'2"969
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

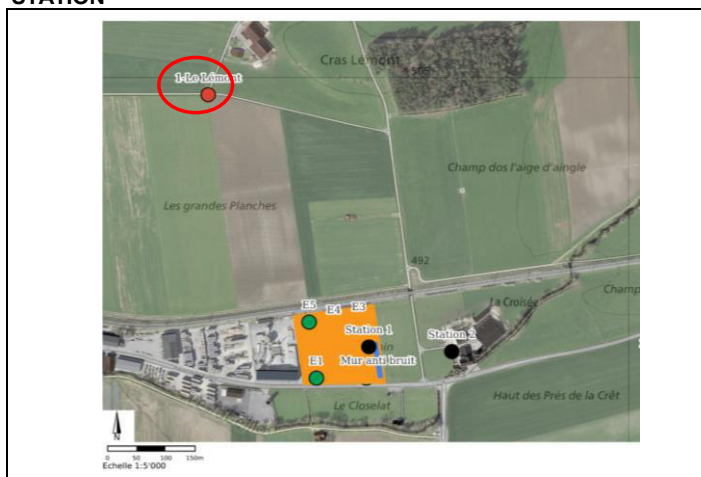
Température	
Vent	
Météo	

Leq = 33.9 dBA

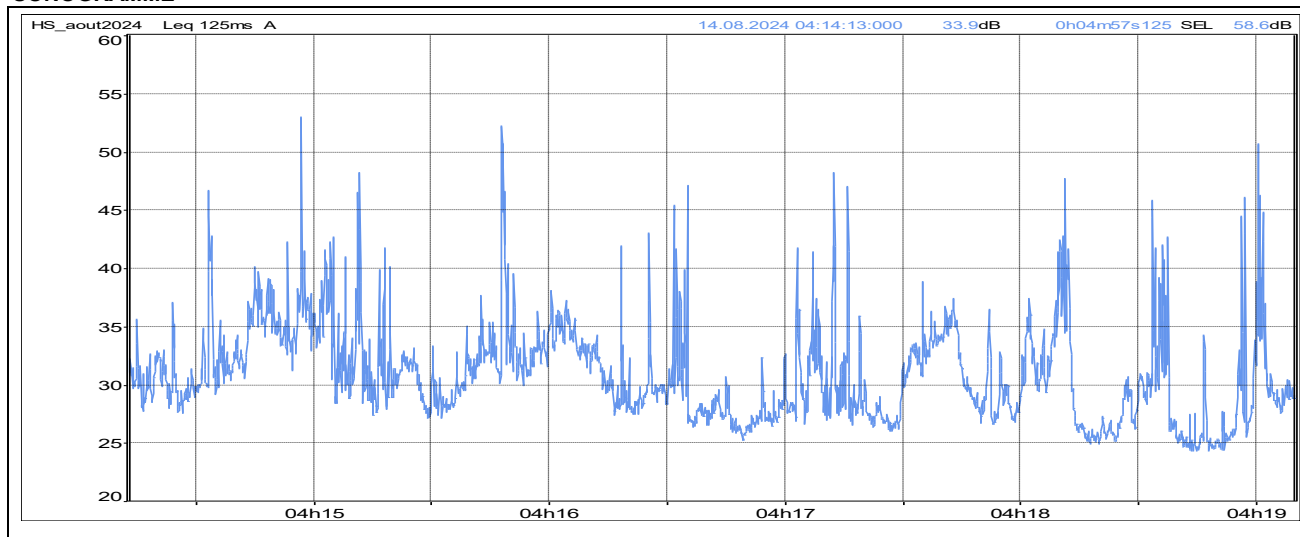
REMARQUES

Bruit de fond
Quelques voitures sur autoroute

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
4h14	Départ mesure		X	X	
					Voitures sur autoroute (bruit fond)
					Silence : env 28 dB(A)
					Voiture A16 : 35 dB(A)
					Bruit du site de forage
4h18	Arrêt des opérations sur site forage				
4h19	Fin mesure				Leq = 33.9 dBA (5 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 2-Bassecourt

DONNÉES GENERALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	2h37 - 2h47
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°584'077 1°242'499
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

Température	
Vent	
Météo	

Leq = 39.0 dBA

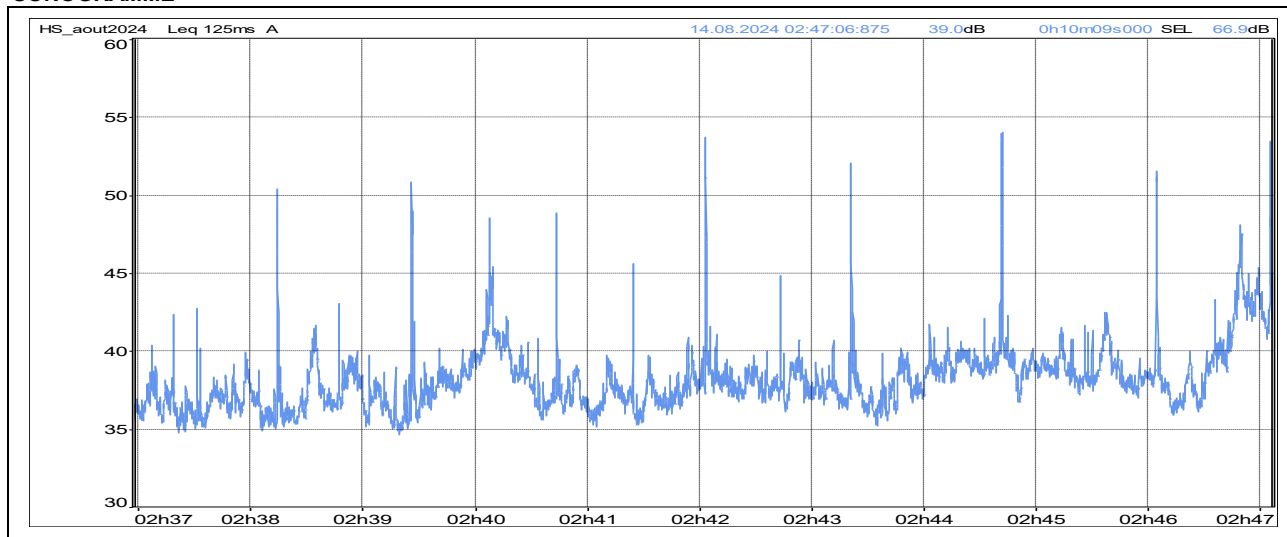
REMARQUES

Bruit de fond
Vent dans les arbres, Sorne au loin
(35 à 36 dB(A))

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
2h37	Début mesure				
			X	X	Toujours même séquence :
					Bruit travail - choc /claquement
	3 - 4 émergences sur la séquence				
2h47	Fin mesure				Leq = 39.0 dBA (10 min)

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 3-Berlincourt

DONNÉES GENERALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	1h11 - 1h25
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°58'322 1°24'062
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

Température	
Vent	Moyen
Météo	Légère pluie

Leq = 34.2 dBA

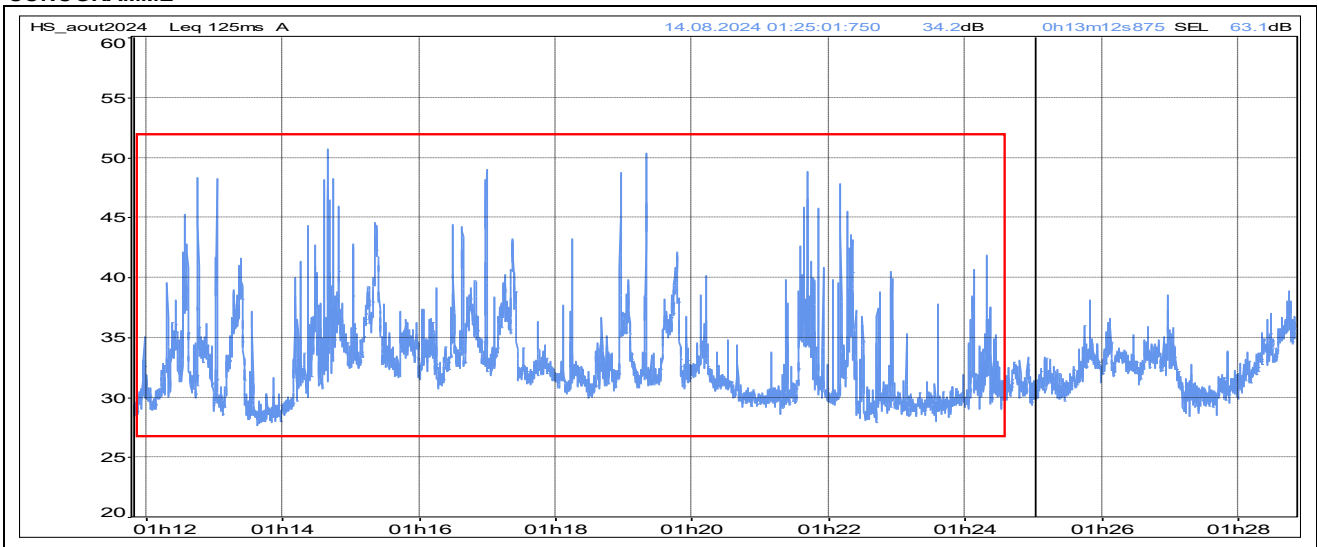
REMARQUES

Vent dans les arbres, cloches vaches, grillons

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Événement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
1h11	Début mesure		X	X	
1h15	Voiture				Bruits de chocs faibles
1h17	Choc métallique				Bruit de cloches
1h18	Choc métallique				Bruit sourd basse fréquence
1h25	Fin des opérations sur site				Leq = 34.2 dBA (14 min)
1h28	Fin mesure				Bruit fond mesuré : 33.4 dBA

FORAGE GEOTHERMIQUE HAUTE-SORNE PROTOCOLE DE MESURE DU BRUIT - MESURES PONCTUELLES

Nom : 5-Veya Berlincourt

DONNÉES GENERALES

Date	14.08.2024
Heures début-fin	2h02- 2h25
Opérateur	GMO
Coordonnées	2°58'3757 1°24'2'095
Hauteur micro	1.5 m
Sonomètre	FUS 1

CONDITIONS

Température	
Vent	Moyen
Météo	

Leq = 43.2 dBA

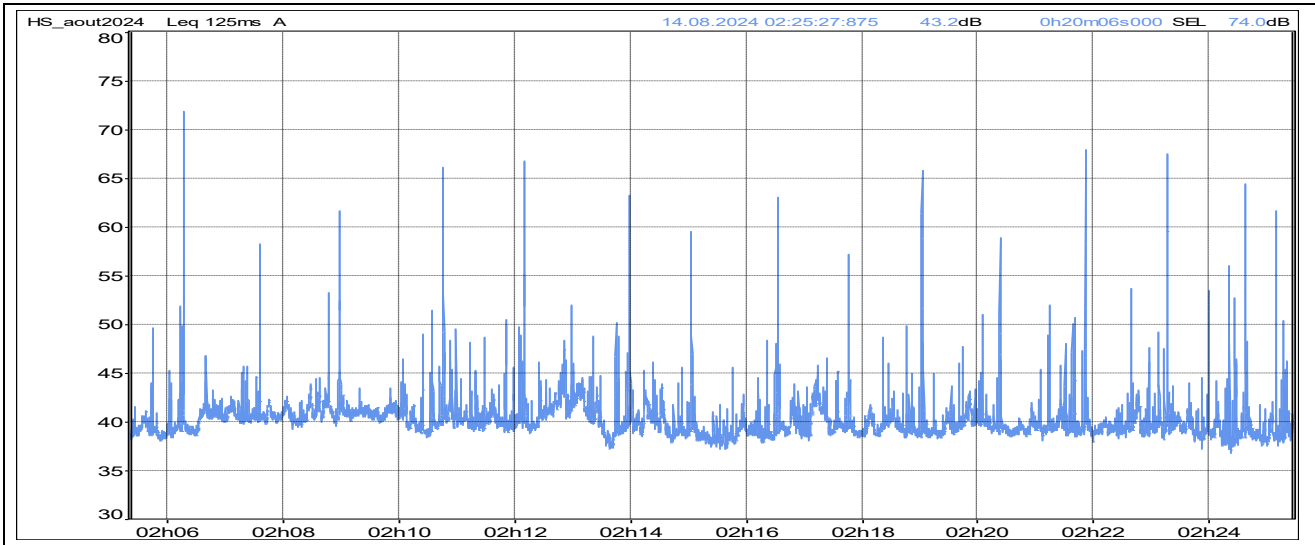
REMARQUES

Bruit de fond
Sorne au loin, vent dans les arbres, vaches, grillons
(env. 38-39 dBA)

STATION



SONOGRAMME



MESURES

Heure	Evénement	Forage	Roundtrip	Autre	Caractéristiques du bruit
2h05	Début mesure		X	X	
2h06	Choc important				Chocs métalliques réguliers
2h09	Choc important				plus ou moins forts
2h10	Choc important				Pics à 65 dBA
2h14	Choc important				
					Leq = 43.2 dBA (20 min)
2h25	Fin mesure				

Annexe C Annexes Eaux

Analyse des eaux du bassin de rétention - 08.10.2024

Additifs des boues

Données brutes des paramètres physicochimiques mesurés dans le bassin de sécurité par GeoEnergie

Rapport **Surveillance du réseau hydrologique avant travaux de forage**

WESSLING

part of **ALS Limited**



WESSLING AG

Werkstrasse 27 · 3250 Lyss BE

Tel. +41 (0)32 387 6747 · Fax +41 (0)32 387 6746

info@wessling.ch · www.wessling.ch

WESSLING AG, Werkstrasse 27, 3250 Lyss BE

CSD Ingénieurs SA

Madame Charlotte Hervo

Rue de la Jeunesse 1

2800 Delémont 1

Commande n°.: ULS-08000-24

Interlocuteur: Nicolas Amstutz

Ligne directe: +41 32 387 67 41

E-Mail: sales-env@wessling.ch

Lyss, le 17.10.2024

Rapport no. ULS24-010030-1

FCH011573.01

Haute-Sorne



ISO/IEC 17025

Les résultats d'analyses se fondent uniquement sur les échantillons à notre disposition. Ce rapport ne peut être reproduit partiellement qu'avec l'autorisation préalable de WESSLING AG (DIN EN ISO/IEC 17025).



Rapport no. ULS24-010030-1
Lyss, le 17.10.2024

Désignation d'échantillon	Bassin de retention		
N° d'échantillon	Unité	LQ	24-132631-01

Métaux, métaux lourds et autres éléments

Chrome VI

Chrome (VI)	mg/l E/L	0.005	<0.005
-------------	----------	-------	--------

Métaux et autres éléments

Arsenic (As)	mg/l E/L	0.002	<0.002
Plomb (Pb)	mg/l E/L	0.002	<0.002
Cadmium (Cd)	mg/l E/L	0.0002	<0.0002
Cuivre (Cu)	mg/l E/L	0.001	0.0021
Nickel (Ni)	mg/l E/L	0.002	<0.002
Zinc (Zn)	mg/l E/L	0.005	0.067

Cations, anions et éléments non métalliques

Chlorures (Cl)	mg/l E/L	0.1	110
Nitrates (NO3)	mg/l E/L	0.1	<0.1
Sulfates (SO4)	mg/l E/L	0.1	12
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	0.01	<0.01
Cyanure (libre) (CN)	mg/l E/L	0.005	<0.005
Cyanures aisément libérables (CN)	mg/l E/L	0.005	<0.005

Paramètres organiques globaux

Carbone organique dissous (COD)	mg/l E/L	0.5	11
DBO5+ATH (homogénéisé)	mg/l E/L	5	<5.00
Indice hydrocarbure C10-C40	mg/l E/L	0.13	<0.13

Substances organiques moyennement et peu volatiles

HAP

Naphtalène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Acénaphtylène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Acénaphtène	µg/l E/L	0.02	0.032
Fluorène	µg/l E/L	0.02	0.03
Phénanthrène	µg/l E/L	0.02	0.057
Anthracène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Fluoranthène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Pyrène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Chrysène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Benzo(b)fluoranthène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Benzo(k)fluoranthène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Benzo(a)pyrène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	µg/l E/L	0.02	<0.02
Somme des HAP	µg/l E/L		0.12

Rapport no. ULS24-010030-1
Lyss, le 17.10.2024

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	24-132631-01
Date de réception:	09.10.2024
Désignation	Bassin de retention
Type d'échantillons:	Eau superficielle
Prélèvement:	08.10.2024
Prélèvement par:	Client
Début des analyses:	09.10.2024
Fin des analyses:	17.10.2024

Méthodes

Paramètres	Norme	Laboratoire
Carbone organique dissous (COD) sur eau/lixiviat	DIN EN 1484 (1997-08) ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Indice hydrocarbures (GC) sur eau / lixiviat (HCT)	DIN EN ISO 9377-2 (2001-07) ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Ammonium	DIN 38406 E5-1 (1983-10) ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Chrome (VI) sur eau / lixiviat	DIN 38405 D24 (1987-05) ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Cyanures libres dans l'eau / lixiviat	DIN 38405-13 ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Minéralisation à l'eau régale pour métaux totaux	DIN EN ISO 15587-1 (2002-07) ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Anions dissous dans l'eau/lixiviat	DIN EN ISO 10304 mod. ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Hydrocarbures aromatiques polycyclique (HAP) dans l'eau/lixiviat	WES 1144 (3.3.323) ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Métaux/Eléments sur eau / lixiviat	DIN EN ISO 17294-2 ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Cyanures facilement libérables dans l'eau / lixiviat	DIN 38405-13 mod. ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)
Demande biologique en oxygène (DBO) avec ATH, homogén.	Interne Methode ^A	Laboratoire Lyss CH (CH)

A = procédé de mesure accrédité (ISO 17025)
MB = matière brute
MS = matière sèche
LQ = limite de quantification
E/L = eau / lixiviat
G = gaz
nd = non détecté
LB = liant bitumineux



[Lien/code QR vers l'explication de l'évaluation](#)

Des compléments d'information sur les principes d'analyses, par exemple les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Ce document a été créé électroniquement et est également valable sans signature.
Marina Kuster
Directrice générale, Dr.

Additifs boues de forage

Additifs utilisés

Additifs	Quantité stocké sur site	Rejet dans l'environnement	Type d'emballage	Mode de stockage recommandé	Information écologique	Stabilité du produit																																													
Barite_1, 5BB	66'000	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de soufre (SO2) (> 1100 °C)</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : (voir tableau)</p> <p>EC50 (seuil de toxicité aiguë) : Concentration modélisée pour laquelle on s'attend à observer des effets sur 50% d'une population d'une espèce. NOEC (seuil de toxicité chronique) : Concentration maximale sans effet observable sur la population d'organismes étudiée, pendant un temps donné</p> <p>Plus forte concentration testée pour laquelle les effets observés ne sont pas significativement différents de 0</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p> <table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>7727-43-7</td><td>Barium Sulfate</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Acute algae toxicity</td><td>ErC50 mg/l</td><td>> 100 72 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50 mg/l</td><td>14.5 48 h</td></tr><tr><td></td><td>Fish toxicity</td><td>NOEC mg/l</td><td>>= 100 33 d</td></tr><tr><td></td><td>Crustacea toxicity</td><td>NOEC</td><td>100 mg/l 7 d</td></tr><tr><td></td><td>Acute bacteria toxicity</td><td>(EC50 mg/l)</td><td>> 1000 3 h</td></tr></table>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	7727-43-7	Barium Sulfate				Acute algae toxicity	ErC50 mg/l	> 100 72 h		Acute crustacea toxicity	EC50 mg/l	14.5 48 h		Fish toxicity	NOEC mg/l	>= 100 33 d		Crustacea toxicity	NOEC	100 mg/l 7 d		Acute bacteria toxicity	(EC50 mg/l)	> 1000 3 h	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur</p>																	
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																
7727-43-7	Barium Sulfate																																																		
	Acute algae toxicity	ErC50 mg/l	> 100 72 h																																																
	Acute crustacea toxicity	EC50 mg/l	14.5 48 h																																																
	Fish toxicity	NOEC mg/l	>= 100 33 d																																																
	Crustacea toxicity	NOEC	100 mg/l 7 d																																																
	Acute bacteria toxicity	(EC50 mg/l)	> 1000 3 h																																																
Bentonite (OCMA / API)_BB	15'000	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec, bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité et dans un endroit frais ~ 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : Pas de donnée disponible</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>																																													
Caustic Soda liq 50%	4'400	<p>Sol et sous-sol : Ne dois pénétrer dans le sol et le sous-sol</p> <p>Eau de surface et égout : Ne pas verser dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : Formation de gaz / vapeur corrosif</p>	<p>Emballage suggéré : PE (polyéthylène), PP (polypropylène), PVC (Polychlorure de vinyle), acier inoxydable.</p> <p>Ne surtout pas utiliser : Aluminium, Zinc, ou cuivre</p> <p>Doit être placé sur un bac de rétention</p>	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, peroxyde organique, substances radioactives, substances infectieuses, substances et mélanges autoréactifs</p> <p>Mode de stockage recommandé : Gardez l'emballage sec, bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité et dans un endroit frais mais > 15°C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : (voir tableau)</p> <p>EC50 (seuil de toxicité aiguë) : Concentration modélisée pour laquelle on s'attend à observer des effets sur 50% d'une population</p> <p>LC50 : Concentration létale qui provoque 50% de mortalité population d'organismes étudiée, pendant un temps donné</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p> <table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>1310-73-2</td><td>sodium hydroxide, caustic soda</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>LC50 mg/l</td><td>125 mg/l 96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50 mg/l</td><td>40.4 48 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute bacteria toxicity</td><td>(EC50 mg/l)</td><td>22 mg/l</td></tr></table>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	1310-73-2	sodium hydroxide, caustic soda				Acute fish toxicity	LC50 mg/l	125 mg/l 96 h		Acute crustacea toxicity	EC50 mg/l	40.4 48 h		Acute bacteria toxicity	(EC50 mg/l)	22 mg/l	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : métaux (libération hydrogène gazeux inflammable), Agents oxydants, acide, alcools, hydrocarbures halogénés</p>																									
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																
1310-73-2	sodium hydroxide, caustic soda																																																		
	Acute fish toxicity	LC50 mg/l	125 mg/l 96 h																																																
	Acute crustacea toxicity	EC50 mg/l	40.4 48 h																																																
	Acute bacteria toxicity	(EC50 mg/l)	22 mg/l																																																
CEPAC R	1'425	<p>Sol et sous-sol : Ne dois pénétrer dans le sol et le sous-sol</p> <p>Eau de surface et égout : Ne pas verser dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>L'eau contaminée doit être stocké et éliminée de la bonne manière.</p> <p>En cas de contamination (sol et/ou eaux) prévenir immédiatement les autorités compétentes.</p>	<p>Emballage suggéré : Sacs en papier multicouches, intérieur PE</p>	<p>Le produit doit éviter d'accumuler des charges électrostatiques.</p> <p>Mode de stockage recommandé : Gardez les contenants fermés. Conserver dans un endroit sec à l'abri de l'humidité avec une ventilation adéquate dans la zone de stockage.</p>	<p>Toxicité : Aquatic toxicity - fish : LC50 > 100 mg/l Aquatic toxicity- crustacean: LC50 > 100 mg/l Aquatic toxicity- algae : LC50 > 100 mg/l</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas considérés comme facilement biodégradables avec valeur de biodégradation <60 %, mais ils ne posent aucun problème pour l'environnement en raison de la bioaccumulation négligeable (log Pow <3) et peuvent être facilement éliminés dans les usines de traitement de l'eau.</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : log pow < 3 (MW > 1000)</p> <p>→ Log Pow > 0 et très élevé : molécule considérée est bien plus soluble dans l'octanol que dans l'eau = molécule lipophile.</p> <p>→ Log Pow <0 : molécule considérée est hydrophile.</p> <p>→ Log Pow = 0 : molécule soluble dans octanol et dans l'eau</p> <p>Mobilité dans le sol : coefficient d'adsorption du sol (Koc) : > 5000</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p>																																													
Floc Cationic	3'150	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne pas verser dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone, d'oxydes de soufre, d'oxydes d'azote et de chlorures d'hydrogène</p> <p>Peu se décomposer en : Ammoniac. Dioxyde de carbone (CO2). Monoxyde de carbone (CO). Oxydes d'azote (NOx). Chlorure d'hydrogène (HCl).</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à une température comprise entre 4 et 27 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : (voir tableau de droite)</p> <p>Persistance et dégradabilité : → Acide citrique : 97 % (facilement biodégradable) → Acide adipique : 83% (relativement biodégradable)</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Coefficient de partage octanol/eau → Acide citrique : log pow = -1.55 → Acide adipique : log pow : 0.093</p> <p>Facteur de bioconcentration → Acide citrique : BFC : 3.2 (faible) → Acide adipique : BFC : 3.162 (faible)</p> <table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>77-92-9</td><td>citric acid</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>LC50 mg/l</td><td>> 100 96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50 (24h) mg/l</td><td>> 50 48 h</td></tr><tr><td></td><td>Algae toxicity</td><td>NOEC</td><td>425 mg/l 8 d</td></tr><tr><td>124-04-9</td><td>adipic acid</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>LC50 mg/l</td><td>1000 96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute algae toxicity</td><td>ErC50</td><td>59 mg/l 72 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50</td><td>46 mg/l 48 h</td></tr><tr><td></td><td>Fish toxicity</td><td>NOEC</td><td>6.3 mg/l 21 d</td></tr><tr><td></td><td>Acute bacteria toxicity</td><td>7910 g O2/g</td><td>3 h</td></tr></table>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	77-92-9	citric acid				Acute fish toxicity	LC50 mg/l	> 100 96 h		Acute crustacea toxicity	EC50 (24h) mg/l	> 50 48 h		Algae toxicity	NOEC	425 mg/l 8 d	124-04-9	adipic acid				Acute fish toxicity	LC50 mg/l	1000 96 h		Acute algae toxicity	ErC50	59 mg/l 72 h		Acute crustacea toxicity	EC50	46 mg/l 48 h		Fish toxicity	NOEC	6.3 mg/l 21 d		Acute bacteria toxicity	7910 g O2/g	3 h	<p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent oxydant</p>
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																
77-92-9	citric acid																																																		
	Acute fish toxicity	LC50 mg/l	> 100 96 h																																																
	Acute crustacea toxicity	EC50 (24h) mg/l	> 50 48 h																																																
	Algae toxicity	NOEC	425 mg/l 8 d																																																
124-04-9	adipic acid																																																		
	Acute fish toxicity	LC50 mg/l	1000 96 h																																																
	Acute algae toxicity	ErC50	59 mg/l 72 h																																																
	Acute crustacea toxicity	EC50	46 mg/l 48 h																																																
	Fish toxicity	NOEC	6.3 mg/l 21 d																																																
	Acute bacteria toxicity	7910 g O2/g	3 h																																																
INICOR W882	3'536	<p>Sol et sous-sol : Ne dois pénétrer dans le sol et le sous-sol</p> <p>Eau de surface et égout : Ne pas verser dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>L'eau contaminée doit être stocké et éliminée de la bonne manière.</p> <p>En cas de contamination (sol et/ou eaux) ou de fuite de gaz, prévenir immédiatement les autorités compétentes.</p>	<p>Emballage suggéré : fûts en plastique</p>	<p>Mode de stockage recommandé : Zone de stockage avec une ventilation adéquate</p>	<p>Toxicité : informations écologiques des principales substances présentes dans le mélange, l'hydroxyde de potassium</p> <p>Aquatic acute toxicity: Fish EC50 = 189 mg/l</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p>																																													
ML CARB 40	31'400	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone (CO2) (> 825 °C)</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : Pas de donnée disponible</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent acide</p>																																													

Additifs boues de forage

PAC LV	15'000	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne pas verser dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone et de monoxyde de carbone</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : Pas de donnée disponible</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>																																																
Polyglycol MC	29'000	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone et de monoxyde de carbone</p>	Emballage suggéré : acier, Acier inoxydable, PP (polypropylène)	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>143-22-6</td><td>2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; TEGBE; triethylene glycol dimethyl ether</td><td>LC50 2200 - 4600 mg/l</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>EC50 780 mg/l</td><td>72 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute algae toxicity</td><td>EC50 > 500 mg/l</td><td>48 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>NOEC > 100 mg/l</td><td>21 d</td></tr><tr><td>1559-34-8</td><td>3,6,9,12-tetraoxahexadecan-1-ol</td><td>LC50 2200 - 4600 mg/l</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>EC50 780 mg/l</td><td>72 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute algae toxicity</td><td>EC50 > 500 mg/l</td><td>48 h</td></tr><tr><td>112-34-5</td><td>2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; diethylene glycol monobutyl ether</td><td>LC50 1300 - 2700 mg/l</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>EC50 > 100 mg/l</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute algae toxicity</td><td>EC50 > 100 mg/l</td><td>48 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50 > 1995 mg/l</td><td>0,5 h</td></tr></table> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; TEGBE; triethylene glycol dimethyl ether	LC50 2200 - 4600 mg/l	96 h		Acute fish toxicity	EC50 780 mg/l	72 h		Acute algae toxicity	EC50 > 500 mg/l	48 h		Acute crustacea toxicity	NOEC > 100 mg/l	21 d	1559-34-8	3,6,9,12-tetraoxahexadecan-1-ol	LC50 2200 - 4600 mg/l	96 h		Acute fish toxicity	EC50 780 mg/l	72 h		Acute algae toxicity	EC50 > 500 mg/l	48 h	112-34-5	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; diethylene glycol monobutyl ether	LC50 1300 - 2700 mg/l	96 h		Acute fish toxicity	EC50 > 100 mg/l	96 h		Acute algae toxicity	EC50 > 100 mg/l	48 h		Acute crustacea toxicity	EC50 > 1995 mg/l	0,5 h	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																			
143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; TEGBE; triethylene glycol dimethyl ether	LC50 2200 - 4600 mg/l	96 h																																																			
	Acute fish toxicity	EC50 780 mg/l	72 h																																																			
	Acute algae toxicity	EC50 > 500 mg/l	48 h																																																			
	Acute crustacea toxicity	NOEC > 100 mg/l	21 d																																																			
1559-34-8	3,6,9,12-tetraoxahexadecan-1-ol	LC50 2200 - 4600 mg/l	96 h																																																			
	Acute fish toxicity	EC50 780 mg/l	72 h																																																			
	Acute algae toxicity	EC50 > 500 mg/l	48 h																																																			
112-34-5	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; diethylene glycol monobutyl ether	LC50 1300 - 2700 mg/l	96 h																																																			
	Acute fish toxicity	EC50 > 100 mg/l	96 h																																																			
	Acute algae toxicity	EC50 > 100 mg/l	48 h																																																			
	Acute crustacea toxicity	EC50 > 1995 mg/l	0,5 h																																																			
Potassium chloride_BB	54'000	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : Fumée d'oxyde métallique, toxique. Gaz/vapeurs, toxiques.</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>7447-40-7</td><td>Potassium chloride</td><td>LC50 880 mg/l</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>ErC50 >100 mg/l</td><td>72 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute algae toxicity</td><td>EC50 660 mg/l</td><td>48 h</td></tr></table> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	7447-40-7	Potassium chloride	LC50 880 mg/l	96 h		Acute fish toxicity	ErC50 >100 mg/l	72 h		Acute algae toxicity	EC50 660 mg/l	48 h	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>																																
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																			
7447-40-7	Potassium chloride	LC50 880 mg/l	96 h																																																			
	Acute fish toxicity	ErC50 >100 mg/l	72 h																																																			
	Acute algae toxicity	EC50 660 mg/l	48 h																																																			
S-ES Bio XG	4'700	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone et de monoxyde de carbone</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : Pas de donnée disponible</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Aucune indication de potentiel de bioaccumulation</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>																																																
S-ES Defoamer ST_25dr	675	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone et d'oxyde de phosphore</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : Pas de donnée disponible</p> <p>Persistance et dégradabilité : 70-80%</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Log pow : 3.7</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent oxydant</p>																																																
Sodium bicarbonate	575	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p>	Emballage suggéré : Sacs kraft ou tube cartonné, matière plastique	<p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p>	<p>Toxicité : POISSONS CL50 (96h) = 8250-9000 mg/l (Bluegill Sunfish)</p> <p>DAPHNIES CE50 (48h) = 2350 mg/l (Daphnia magna)</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Non bioaccumulable</p> <p>Mobilité dans le sol : infiltration facile dans les sols</p>	<p>Ne pas mettre en contact avec : Acides, fluor</p>																																																
Sodium carbonate	2'225	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p>	Emballage suggéré : polyéthylène, tissu synthétique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>497-19-8</td><td>sodium carbonate</td><td>LC50 300 mg/l</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>EC50 200 - 227 mg/l</td><td>48 h</td></tr></table> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	497-19-8	sodium carbonate	LC50 300 mg/l	96 h		Acute fish toxicity	EC50 200 - 227 mg/l	48 h	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : aluminium</p>																																				
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																			
497-19-8	sodium carbonate	LC50 300 mg/l	96 h																																																			
	Acute fish toxicity	EC50 200 - 227 mg/l	48 h																																																			
Sodium chloride (NaCl)_BB	264'000	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>[h] [d]</th></tr><tr><td>7647-14-5</td><td>Sodium Chloride</td><td>LC50 5840</td><td>96 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute fish toxicity</td><td>EC50 4136</td><td>48 h</td></tr><tr><td></td><td>Acute crustacea toxicity</td><td>NOEC 252 mg/l</td><td>33 d</td></tr><tr><td></td><td>Fish toxicity</td><td>NOEC 314 mg/l</td><td>21 d</td></tr><tr><td></td><td>Crustacea toxicity</td><td>NOEC 0.1 mg/l</td><td>21 d</td></tr><tr><td></td><td>Acute bacteria toxicity</td><td>EC50 4,5 mg/l</td><td>3 h</td></tr></table> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]	7647-14-5	Sodium Chloride	LC50 5840	96 h		Acute fish toxicity	EC50 4136	48 h		Acute crustacea toxicity	NOEC 252 mg/l	33 d		Fish toxicity	NOEC 314 mg/l	21 d		Crustacea toxicity	NOEC 0.1 mg/l	21 d		Acute bacteria toxicity	EC50 4,5 mg/l	3 h	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>																				
CAS No	Chemical name	Dose	[h] [d]																																																			
7647-14-5	Sodium Chloride	LC50 5840	96 h																																																			
	Acute fish toxicity	EC50 4136	48 h																																																			
	Acute crustacea toxicity	NOEC 252 mg/l	33 d																																																			
	Fish toxicity	NOEC 314 mg/l	21 d																																																			
	Crustacea toxicity	NOEC 0.1 mg/l	21 d																																																			
	Acute bacteria toxicity	EC50 4,5 mg/l	3 h																																																			
Drillamyl WP	11'300	<p>Le rejet dans l'environnement est à éviter</p> <p>Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts.</p> <p>En cas d'incendie : libération possible de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone, d'oxydes de soufre, d'oxydes d'azote et de chlroues d'hydrogène</p>	Pas d'information spécifique	<p>Ne pas stocker avec : Explosifs, comburants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses</p> <p>Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C</p> <p>Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité</p>	<p>Toxicité : (voir tableau)</p> <p>Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible</p> <p>Potentiel bioaccumulatif : Log pow : 0.326</p> <p>Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible</p>	<p>Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.</p> <p>Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant</p>																																																

Additifs boues de forage

Additif de secours

Sodium Sulfite	2'000	Le rejet dans l'environnement est à éviter En cas d'incendie : libération possible d'Oxydes de soufre	Pas d'information	Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité en 15 - 25 °C	Toxicité : (voir tableau) Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible Potentiel bioaccumulatif : Pas de donnée disponible Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible	Stabilité : le produit est chimiquement stable Ne pas mettre en contact avec : comburant																																														
Citric acid	2'000	Le rejet dans l'environnement est à éviter Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts. En cas d'incendie : libération de fumée lourde	Pas d'information	Mode de stockage recommandée : local correctement aéré	Toxicité : Pas de donnée disponible Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible Potentiel bioaccumulatif : Pas de donnée disponible Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible	<table><tr><th colspan="3">Toxicité aquatique (aiguë)</th></tr><tr><th>Effet</th><th>Valeur</th><th>Espèce</th></tr><tr><td>LC50</td><td>>464 %</td><td>poisson</td></tr><tr><td>EC50</td><td>89 %</td><td>invertébrés aquatiques</td></tr><tr><td>EC50</td><td>43,6 %</td><td>algue</td></tr></table> <table><tr><th colspan="3">Toxicité aquatique (chronique)</th></tr><tr><th>Effet</th><th>Valeur</th><th>Espèce</th></tr><tr><td>EC50</td><td>410 %</td><td>micro-organismes</td></tr></table> Stabilité : le produit est chimiquement stable	Toxicité aquatique (aiguë)			Effet	Valeur	Espèce	LC50	>464 %	poisson	EC50	89 %	invertébrés aquatiques	EC50	43,6 %	algue	Toxicité aquatique (chronique)			Effet	Valeur	Espèce	EC50	410 %	micro-organismes																						
Toxicité aquatique (aiguë)																																																				
Effet	Valeur	Espèce																																																		
LC50	>464 %	poisson																																																		
EC50	89 %	invertébrés aquatiques																																																		
EC50	43,6 %	algue																																																		
Toxicité aquatique (chronique)																																																				
Effet	Valeur	Espèce																																																		
EC50	410 %	micro-organismes																																																		
Bentonite Pellets	2'000																																																			
Nutshell	3'000	Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface, souterraines ou les égouts.	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information																																														
ML CARB (f, m, c)	15'000																																																			
Stoploss	3'175	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	Stabilité : le produit est chimiquement stable Ne pas mettre en contact avec : flamme ou étincelle																																														
Fracseal	4'990																																																			
Lubricant 947	4'992	Le rejet dans l'environnement est à éviter Eau de surface et égout : Ne doit pas pénétrer dans les eaux de surface ou les égouts. En cas d'incendie : libération possible de monoxyde et de dioxyde de carbone	Pas d'information	Ne pas stocker avec : Explosifs, combustants solides ou liquides, substances radioactives, substances infectieuses Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé pour éviter toute contamination et absorption d'humidité à 20 °C Protéger contre : le gel, rayonnement UV/lumière du soleil, chaleur, humidité	<table><tr><th colspan="2">Toxicité</th></tr><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th></tr><tr><td>143-22-6</td><td>2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol</td></tr><tr><td>EC50 96h (EC50: 2200 mg/l)</td><td></td></tr><tr><td>Acute fish toxicity</td><td>LC50</td></tr><tr><td>Acute algae toxicity</td><td>ErC50</td></tr><tr><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50</td></tr><tr><td>Crustacea toxicity</td><td>NOEC</td></tr></table> <table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Log Pow</th></tr><tr><td>143-22-6</td><td>2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol</td><td>6.51</td></tr></table> Potentiel bioaccumulatif : Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible	Toxicité		CAS No	Chemical name	143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol	EC50 96h (EC50: 2200 mg/l)		Acute fish toxicity	LC50	Acute algae toxicity	ErC50	Acute crustacea toxicity	EC50	Crustacea toxicity	NOEC	CAS No	Chemical name	Log Pow	143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol	6.51	<table><tr><th>CAS No</th><th>Chemical name</th><th>Dose</th><th>h</th></tr><tr><td>143-22-6</td><td>2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol</td><td>2200</td><td>96 h</td></tr><tr><td>Acute fish toxicity</td><td>LC50</td><td>2200</td><td>96 h</td></tr><tr><td>Acute algae toxicity</td><td>ErC50</td><td>780 mg/l</td><td>72 h</td></tr><tr><td>Acute crustacea toxicity</td><td>EC50</td><td>> 500 mg/l</td><td>48 h</td></tr><tr><td>Crustacea toxicity</td><td>NOEC</td><td>> 100 mg/l</td><td>21 d</td></tr></table>	CAS No	Chemical name	Dose	h	143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol	2200	96 h	Acute fish toxicity	LC50	2200	96 h	Acute algae toxicity	ErC50	780 mg/l	72 h	Acute crustacea toxicity	EC50	> 500 mg/l	48 h	Crustacea toxicity	NOEC	> 100 mg/l	21 d
Toxicité																																																				
CAS No	Chemical name																																																			
143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol																																																			
EC50 96h (EC50: 2200 mg/l)																																																				
Acute fish toxicity	LC50																																																			
Acute algae toxicity	ErC50																																																			
Acute crustacea toxicity	EC50																																																			
Crustacea toxicity	NOEC																																																			
CAS No	Chemical name	Log Pow																																																		
143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol	6.51																																																		
CAS No	Chemical name	Dose	h																																																	
143-22-6	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol, TEGDE, triethylene glycol monododecyl ether, butoxytriethylene glycol	2200	96 h																																																	
Acute fish toxicity	LC50	2200	96 h																																																	
Acute algae toxicity	ErC50	780 mg/l	72 h																																																	
Acute crustacea toxicity	EC50	> 500 mg/l	48 h																																																	
Crustacea toxicity	NOEC	> 100 mg/l	21 d																																																	
Nuosept 78	1'200	Le rejet dans l'environnement : Éviter la propagation et le ruissellement des matières rejetées ainsi que tout contact avec le sol, les cours d'eau, les drains et les égouts. Avertir les autorités compétentes si le produit a provoqué une pollution de l'environnement (réseaux d'égouts, eaux de surface, sol ou air). En cas d'incendie : libération possible de gaz carbonique, monoxyde de carbone, oxydes d'azote	Emballage d'orgine	Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé dans un endroit ventilé	Toxicité : 2,2',2"- (hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl)triethanol : - Acute crustacea : EC50 26.1 mg/l - Acute Fish : LC50 39 mg/l Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible Potentiel bioaccumulatif : 2,2',2"- (hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl)triethanol : LogPow = -2 Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible	Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.																																														
Soltex E	2'772	Le rejet dans l'environnement : Avertir les autorités compétentes si le produit a provoqué une pollution de l'environnement (réseaux d'égouts, eaux de surface, sol ou air).	Pas de recommandation	Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé dans un endroit ventilé	Toxicité : - Toxicity to fish : LC50: > 240 mg/l Exposure time: 96 h - Toxicity to daphnia and other aquatic invertebrates: LC50: 380 mg/l Exposure time: 48 h - Toxicity to algae : EC50: 240 mg/l Exposure time: 72 h Persistance et dégradabilité : Pas de donnée disponible Potentiel bioaccumulatif : Pas de donnée disponible Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible	Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température.																																														
Polydrill F	4'000	Le rejet dans l'environnement doit être évité. Le rejet dans l'environnement : Éviter la propagation et le ruissellement des matières rejetées ainsi que tout contact avec le sol, les cours d'eau, les drains et les égouts. Avertir les autorités compétentes si le produit a provoqué une pollution de l'environnement (réseaux d'égouts, eaux de surface, sol ou air). En cas d'incendie : libération possible de vapeurs nocives et d'oxydes de soufre	Pas de recommandation	Mode de stockage recommandée : Gardez l'emballage sec et bien fermé	Toxicité : - Toxicity to fish: LC50 (96 h) 4,430 mg/l, - Toxicity to aquatic plants: EC50 (72 h) > 1,000 mg/l (growth rate), Phaeodactylum tricornutum Microorganisms/Effect on activated sludge: > 32 ,000 mg/l, Persistance et dégradabilité : faiblement biodégradable Potentiel bioaccumulatif : Une accumulation significative dans les organismes n'est pas attendue. Mobilité dans le sol : Pas de donnée disponible	Stabilité : le produit est chimiquement stable dans les conditions recommandées de stockage, d'utilisation et de température. Ne pas mettre en contact avec : agent réducteur, agent oxydant, base																																														

Données brutes des paramètres physicochimiques mesurés dans le bassin de sécurité par GeoEnergie

Date	Turbidité [NTU]	Température [°C]	Conductivité [µS/cm]	pH	potentiel redox [mV]
22.05.2024	21.3	17	107.4	8.1	179.0
23.05.2024	13.4	17	190.4	8.3	170.0
24.05.2024	269.0	17	509.0	8.2	153.0
29.05.2024	897.0	16	475.0	8.4	187.0
30.05.2024	335.0	16	206.0	9.3	168.5
31.05.2024	299.0	15	239.0	9.0	170.0
01.06.2024	259.0	15	305.0	8.3	203.0
02.06.2024	185.0	16	331.0	8.1	215.0
03.06.2024	217.0	16	348.0	8.3	201.0
04.06.2024	215.0	16.0	407.0	8.3	213.0
05.06.2024	207.0	17.0	387.0	8.3	207.0
06.06.2024	196.0	20.0	662.0	8.0	215.0
07.06.2024	167.0	19.4	742.0	7.9	203.0
08.06.2024	105.0	22.2	789.0	7.8	209.0
09.06.2024	82.0	20.5	1215.0	7.9	206.0
10.06.2024	71.0	18.7	1747.0	7.7	172.0
11.06.2024	30.4	18.0	1858.0	7.6	200.0
12.06.2024	33.5	19.0	2000.0	7.5	209.0
13.06.2024	36.3	17.8	2060.0	8.0	206.0
14.06.2024	34.9	18.8	2110.0	7.4	198.0
15.06.2024	46.6	17.0	2100.0	7.5	202.0
16.06.2024	33.4	17.3	2220.0	7.6	209.0
17.06.2024	24.8	17.5	2240.0	7.4	200.0
18.06.2024	19.2	25.6	2260.0	7.4	210.0
19.06.2024	17.2	23.2	2310.0	7.5	201.0
20.06.2024	28.2	23.4	2520.0	7.5	198.7
21.06.2024	35.2	22.3	2730.0	7.3	-126.5
22.06.2024	65.5	18.9	2850.0	7.3	170.0
23.06.2024	58.3	20.5	2970.0	7.1	198.7
24.06.2024	50.9	20.4	2870.0	7.0	154.4
25.06.2024	44.7	20.2	2890.0	7.1	-58.2
26.06.2024	38.2	21.4	2920.0	7.1	171.3
27.06.2024	53.7	20.6	2690.0	7.2	-168.1
28.06.2024	52.9	20.4	2640.0	7.3	-25.2
29.06.2024	52.1	23.0	2700.0	7.4	-10.1
30.06.2024	68.8	21.4	2630.0	7.3	-88.6
01.07.2024	80.0	20.0	2760.0	7.4	-145.1
02.07.2024	69.2	19.1	2790.0	7.4	-110.9
03.07.2024	61.1	18.7	2730.0	7.4	-147.7
04.07.2024	59.9	17.3	2540.0	7.4	-90.8
05.07.2024	69.7	18.0	2580.0	7.6	16.4
06.07.2024	57.8	19.0	2580.0	7.5	-29.5
07.07.2024	85.2	18.3	1444.0	7.8	135.9
08.07.2024	61.0	18.1	1467.0	7.7	42.2
09.07.2024	58.7	19.0	1505.0	7.7	169.0
10.07.2024	50.4	23.4	1515.0	7.6	189.0
11.07.2024	50.7	24.0	1574.0	7.6	182.0
12.07.2024	134.0	23.8	1889.0	7.3	-216.0
13.07.2024	107.0	22.0	1453.0	7.4	-167.0
14.07.2024	87.7	21.0	1455.0	7.3	-134.0
15.07.2024	78.4	19.4	1509.0	7.5	-53.0
16.07.2024	63.1	20.0	1511.0	7.6	-12.0
17.07.2024	49.7	20.2	1545.0	7.6	143.0
18.07.2024	46.5	19.5	1550.0	7.6	147.0
19.07.2024	50.5	21.4	1547.0	7.5	170.5
20.07.2024	60.8	22.0	1584.0	7.5	178.0
21.07.2024	50.0	22.6	1560.0	7.6	181.0
22.07.2024	52.2	22.7	1270.0	7.6	200.0
23.07.2024	47.7	21.4	1274.0	7.6	183.9
24.07.2024	47.2	22.0	1263.0	7.6	175.8
25.07.2024	44.5	21.0	1292.0	7.5	-141.8
26.07.2024	41.0	23.0	1296.0	7.5	147.0
27.07.2024	35.4	23.1	1325.0	7.6	144.6
28.07.2024	36.8	22.2	1296.0	7.6	193.6
29.07.2024	54.2	23.2	1322.0	7.9	146.1
30.07.2024	69.8	22.4	1330.0	8.3	154.0
31.07.2024	53.4	23.2	1344.0	8.6	171.8
01.08.2024	45.9	22.5	1343.0	8.1	191.0
02.08.2024	62.8	21.9	1179.0	7.7	165.2
03.08.2024	54.7	22.3	1209.0	7.7	198.1
04.08.2024	49.1	21.8	1217.0	7.6	181.6
05.08.2024	44.6	21.4	1217.0	7.6	200.8
06.08.2024	42.8	21.8	1238.0	7.7	199.8
07.08.2024	117.0	23.7	1077.0	7.6	203.7
08.08.2024	100.0	22.7	961.0	7.5	197.4
09.08.2024	229.0	20.5	1038.0	7.7	-89.5
10.08.2024	175.0	21.0	1177.0	8.1	80.6
11.08.2024	141.0	20.0	1191.0	8.0	143.2
12.08.2024	147.0	20.0	1511.0	7.9	203.0



Rapport technique

Geo-Energie Suisse AG

Géothermie profonde, site de Haute-Sorne, Canton du Jura
Suivi environnemental de réalisation



Surveillance du réseau hydrologique avant travaux de forage

22MFRD039 – Version 001 du 18.07.2024

GÉOLOGIE

GÉOTECHNIQUE

EAUX SOUTERRAINES

ENVIRONNEMENT

GÉOTHERMIE

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION, OBJET DU MANDAT	4
2.	MÉTHODOLOGIE DU SUIVI	5
2.1	Réseau de surveillance hydrogéologique	5
2.2	Surveillance qualitative	6
2.3	Surveillance quantitative	6
2.4	Fréquence de surveillance	6
3.	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	7
3.1	Paramètres physico-chimiques	7
3.2	Analyses qualitatives	9
3.3	Données quantitatives	9
3.4	Données radionucléides	12
4.	PLAN D'ALARME HYDROGÉOLOGIQUE	14
5.	CONCLUSIONS	15

Auteur :

Marc Hessenauer

Chef de projet

Géologue/Hydrogéologue dipl.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation des points d'eau du réseau de surveillance qualitative et quantitative	5
Figure 2 : Variations de la moyenne et du coefficient de variation ¹ des différents paramètres physico-chimiques mesurés in situ	8
Figure 3 : Variations de la moyenne et du coefficient de variation des mesures de débit aux différentes sources	9
Figure 4 : Chroniques de débit aux sources NOIRB, TUFD et COMB	10
Figure 5 : Chroniques des variations du niveau piézométrique dans les puits GC34, GC52 et PPA	11
Figure 6 : Résultats pour le radon (^{222}Rn), l'uranium ($^{238}\text{U}+^{234}\text{U}$) et le radium (^{226}Ra)	12
Figure 7 : Corrélation ^{222}Rn vs O_2 et $^{238}\text{U}+^{234}\text{U}$ vs O_2	13
Tableau 1 : Liste des points d'eau du réseau de surveillance qualitative et quantitative	5
Tableau 2 : Calendrier prévisionnel des campagnes de mesures	6
Tableau 3 : Situation hydrologique à chaque point d'eau lors des prélèvements pour analyses	11

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Suivi des paramètres physico-chimiques	16
Annexe 2 : Evolution des paramètres physico-chimiques	17
Annexe 3 : Rapports du laboratoire d'analyses chimiques	18
Annexe 4 : Résultats et synthèse des analyses chimiques	19
Annexe 5 : Résultats des analyses des radionucléides	20

¹ Le coefficient de variation représente, en pourcentage, le rapport de l'écart type sur la moyenne

1. INTRODUCTION, OBJET DU MANDAT

La société Geo-Energie-Suisse nous a mandatés, par adjudication datée du 27.02.2023, pour réaliser une surveillance hydrogéologique dans le cadre du projet de géothermie profonde sur le site de Haute-Sorne. Les termes de ce suivi ont été définis dans le rapport d'impact sur l'environnement².

La présentation des résultats de cette surveillance fait l'objet de ce premier rapport concernant la phase initiale avant travaux de forage.

² Geo-Energie Suisse (2014) : Rapport d'impact sur l'environnement pour la construction et l'exploitation d'une centrale géothermique pilote. Site de Haute-Sorne. Version 05 du 09.07.2014

2. MÉTHODOLOGIE DU SUIVI

2.1 RÉSEAU DE SURVEILLANCE HYDROGÉOLOGIQUE

Le réseau de surveillance hydrogéologique est constitué des 11 points d'eau suivants (**Tableau 1 & Figure 1**).

Nom point d'eau	Type	Localisation	Utilisation
Les Grands Champs	2 puits	Haute-Sorne (Bassecourt)	AEP Bassecourt
Les Petites Aingles	1 puits	Haute-Sorne (Courfaivre)	Syndicat Courtételle-Courfaivre
Les Tuillères	1 source	Haute-Sorne (Glovelier)	AEP Glovelier
Les Tufs	1 source	Boécourt	AEP Boécourt
Noirefontaine	1 source	Boécourt	AEP Boécourt
Chenal	1 source	Haute-Sorne (Courfaivre)	Syndicat Courtételle-Courfaivre
Bambois	1 source	Haute-Sorne (Courfaivre)	Syndicat Courtételle-Courfaivre
Noirefontaine	1 source	Haute-Sorne (Courfaivre)	Syndicat Courtételle-Courfaivre
Les Tufs	1 source	Develier	AEP Develier et Delémont
Galerie Develier-Dessus	1 source	Develier	AEP Develier et Delémont

Tableau 1 : Liste des points d'eau du réseau de surveillance qualitative et quantitative

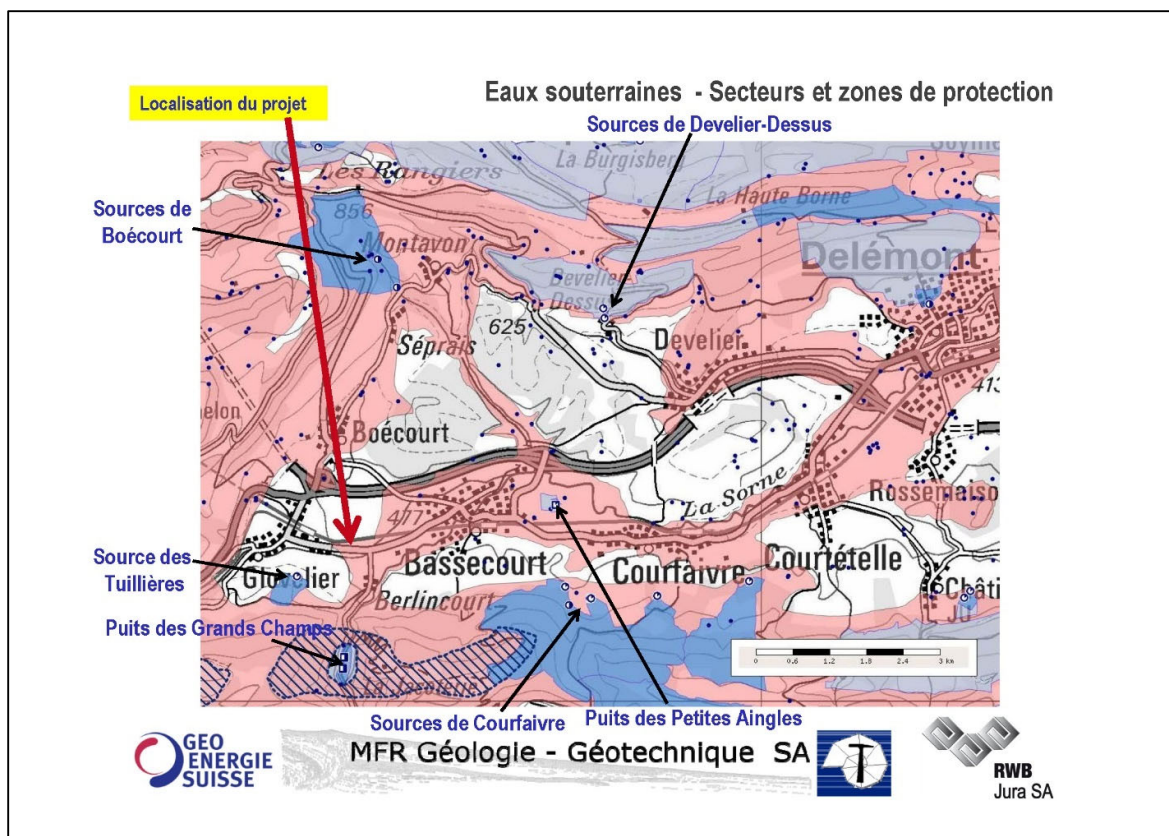


Figure 1 : Localisation des points d'eau du réseau de surveillance qualitative et quantitative

2.2 SURVEILLANCE QUALITATIVE

La surveillance qualitative prévoit, à chaque point d'eau, une analyse de type eau potable avec l'analyse des paramètres suivants :

- Physico-chimie : dureté totale et carbonatée ;
- Anions : chlorures, nitrites, nitrates, sulfates, ammonium ;
- Cations : calcium, potassium, magnésium et sodium ;
- Métaux : fer et manganèse ;
- Paramètre organique global : carbone organique total

A chaque campagne, des mesures in situ sont réalisées : pH, conductivité électrique, température, turbidité, oxygène dissous et potentiel redox.

Enfin, ces analyses sont couplées avec des analyses de radioactivité pour la recherche des 5 radionucléides suivants : ^{238}U , ^{234}U , ^{224}Ra , ^{226}Ra et ^{222}Rn ³.

2.3 SURVEILLANCE QUANTITATIVE

Lors de chaque campagne de suivi, les mesures qualitatives in situ sont accompagnées de mesures quantitatives :

- du débit ponctuel aux 6 sources de Haute-Sorne (Glovelier et Courfaivre) ;
- de la hauteur d'eau ponctuelle dans les 3 puits de Haute-Sorne (Bassecourt et Courfaivre).

De plus, ces données ponctuelles sont accompagnées des mesures en continu :

- du débit de la source de la Noirefontaine à Boécourt et des 2 sources de Develier ;
- de la hauteur d'eau dans les 3 puits de Haute-Sorne (Bassecourt et Courfaivre)

2.4 FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE

Le suivi hydrogéologique prévoit 10 campagnes de mesures réparties entre début 2023 et début 2026, selon le calendrier prévisionnel suivant (**Tableau 2**) :

	Numéro de campagne	Date	Période de mesures	Situation hydrologique	Avancement travaux
2023-2024	1	Février	Hiver	A voir	Avant travaux
	2	Avril-Mai	Printemps	Hautes eaux	Selon avancement
	3	Septembre-Octobre	Été-Automne	Étiage	Selon avancement
	4	Décembre-Janvier	Hiver	A voir	Selon avancement
2024-2025	5	Avril-Mai	Printemps	Hautes eaux	Selon avancement
	6	Septembre-Octobre	Été-Automne	Étiage	Selon avancement
	7	Décembre-Janvier	Hiver	A voir	Selon avancement
2025-2026	8	Avril-Mai	Printemps	Hautes eaux	Selon avancement
	9	Septembre-Octobre	Été-Automne	Étiage	Selon avancement
	10	Janvier-Février	Hiver	A voir	Après travaux

Tableau 2 : Calendrier prévisionnel des campagnes de mesures

³ Annexe 9.5 du RIE du 09.07.2014. cf. p.21-22 : surveillance des eaux souterraines proches de la surface et des sources utilisées comme eau potable. Dr. Surbeck H. (2013) : Problèmes possibles dus aux radionucléides naturels dans le cadre de projets de géothermie, p.22, Cordast, 22.11.2013

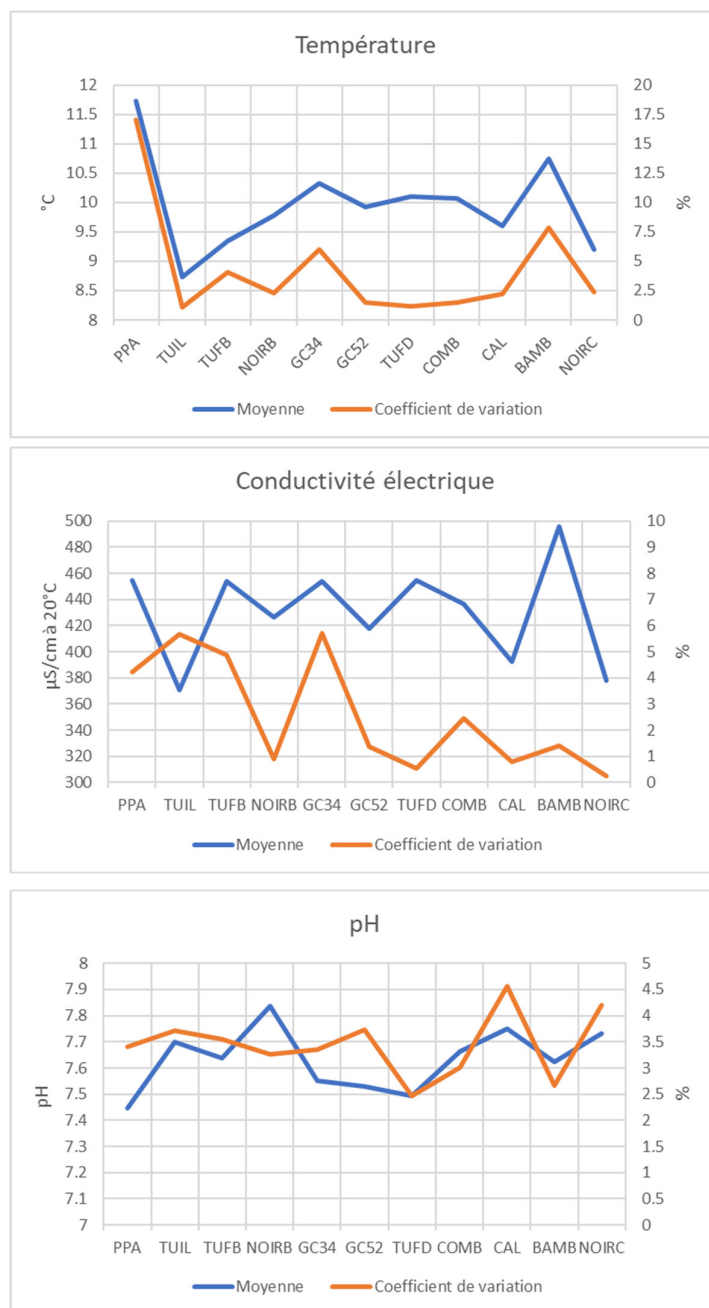
3. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

La phase initiale avant travaux de forage a pu être caractérisée par 4 campagnes de prélèvements et de mesures, les 05.04.2023, 20.07.2023, 15.11.2023 et 17.04.2024.

3.1 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les mesures physico-chimiques réalisées in situ au cours des 4 campagnes sont présentées dans le tableau de l'**Annexe 1**.

La variation des différents paramètres est illustrée dans les graphiques de l'**Annexe 2** et synthétisée dans la **Figure 2** ci-dessous.



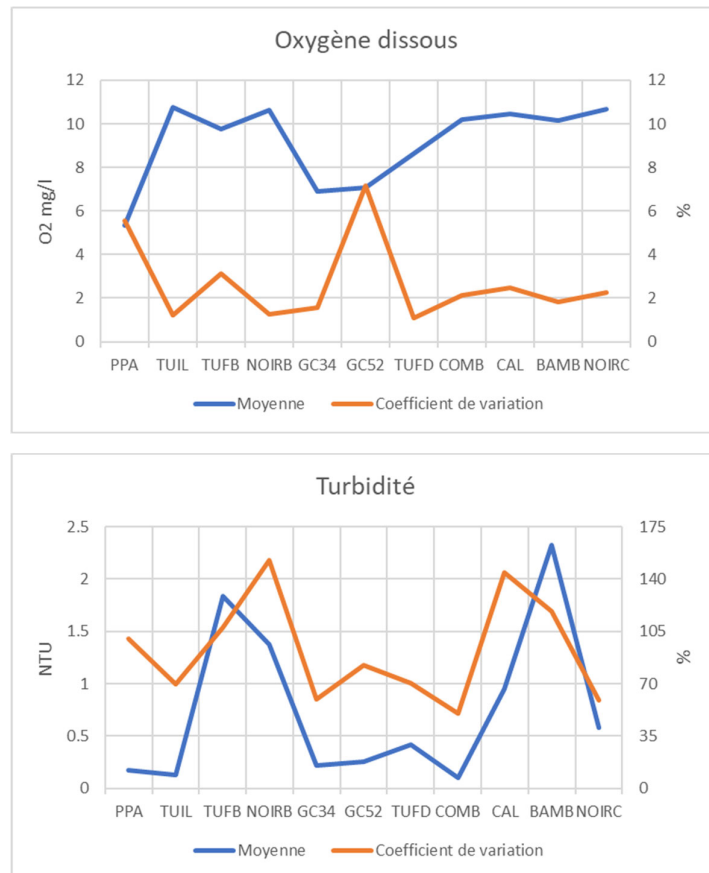


Figure 2 : Variations de la moyenne et du coefficient de variation⁴ des différents paramètres physico-chimiques mesurés in situ

L'analyse de ces variations montre que :

- hormis la turbidité, les paramètres ne montrent pas de variations notables ; le coefficient de variation reste inférieur à 10%. Seule la température à PPA présente des variations significatives (coefficient de variation = 17%) ;
- l'oxygène dissous est significativement moins élevé dans les 3 puits PPA, GC34 et GC52 (entre 5.3 et 7 mg/l O₂ dans les 3 puits et entre 8.6 et 10.8 dans les sources) ;
- la conductivité électrique est la plus élevée à BAMB (496 µS/cm à 20°C) et la moins importante à TUIL (371 µS/cm à 20°C) et NOIRC (378 µS/cm à 20°C) ;
- les valeurs de pH sont comprises, en moyenne, entre 7.5 et 7.8 ;
- la turbidité est significativement plus élevée à TUFB, NOIRB, CAL et BAMB où elle est comprise, en moyenne, entre 1 et 2.5 NTU. Les autres points d'eau ont une turbidité moyenne inférieure à 0.5 NTU ou légèrement supérieure (NOIRC).

⁴ Le coefficient de variation représente, en pourcentage, le rapport de l'écart type sur la moyenne

3.2 ANALYSES QUALITATIVES

Dans le cadre du suivi qualitatif des points d'eau, 4 prélèvements ont été effectués dans la période avant travaux. Ces prélèvements ont été réalisés directement dans chaque captage de source et dans chaque puits.

Les échantillons d'eau ont été confiés au laboratoire RuferLab SA à Courchavon. Les rapports d'analyses du laboratoire figurent en **Annexe 3**.

Les résultats du laboratoire sont présentés sous forme de tableau (**Annexe 4**) et comparés avec les normes légales (OPBD⁵ et OEaux⁶). Il apparaît ainsi que les critères de qualité sont respectés pour les paramètres analysés et qu'aucune tendance ou anomalie n'est à signaler :

- hormis la turbidité (cf. commentaires ci-dessus) et le carbone organique total (TOC), les paramètres standards fluctuent peu au cours du temps ;
- les cations et anions satisfont largement aux critères de qualité. Seule l'analyse du 05.04.2023 à PPA présente une concentration en nitrite (1.16 mg/l) supérieure à la valeur max. de l'OPBD (0.5 mg/l). Les eaux analysées sont de type bicarbonaté-calcique, caractéristiques de l'environnement calcaire par lequel elles transitent. Les plages de variation de ces paramètres standards sont relativement faibles et s'inscrivent complètement dans leur contexte hydrogéologique ;
- le fer et le manganèse solubles ont des concentrations moyennes respectives de 0.01 mg/l et 0.0002 mg/l.

3.3 DONNÉES QUANTITATIVES

Les mesures ponctuelles de débit sont présentées dans la **Figure 3** ci-dessous.

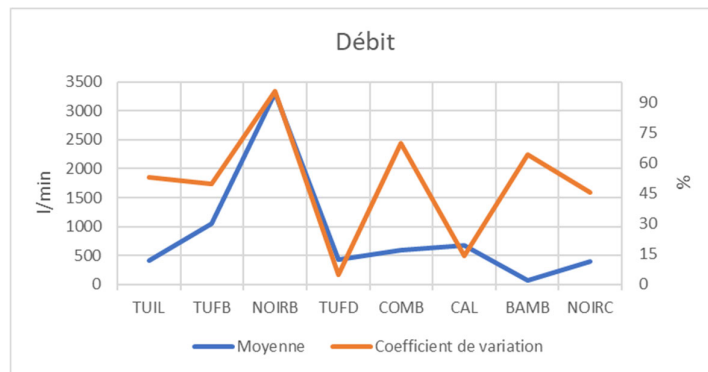


Figure 3 : Variations de la moyenne et du coefficient de variation des mesures de débit aux différentes sources

Les sources des Tufts et Noirefontaine à Boécourt (TUFB et NOIRB) présentent les débits moyens les plus élevés (respectivement 1'050 et 3'300 l/min), alors que les autres sources ont un débit moyen compris entre 400 et 700 l/min. Seule la source du Bambois à Courfaivre (BAMB) montre un débit moyen significativement plus faible (75 l/min).

Le coefficient de variation, quant à lui, varie entre 5 % (TUFD) et 95 % (NOIRB).

En outre, des mesures automatiques de niveau d'eau et de débit ont pu être collectées. Elles sont présentées dans les **Figures 4 & 5** ci-dessous. Les dates des prélèvements pour analyses ont été rajoutés sur les différentes chroniques.

⁵ OPBD : Ordonnance sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (16.12.2016) RS 817.022.11

⁶ OEaux : Ordonnance sur la protection des eaux (28.10.98) RS 814.201. Etat au 01.06.2018

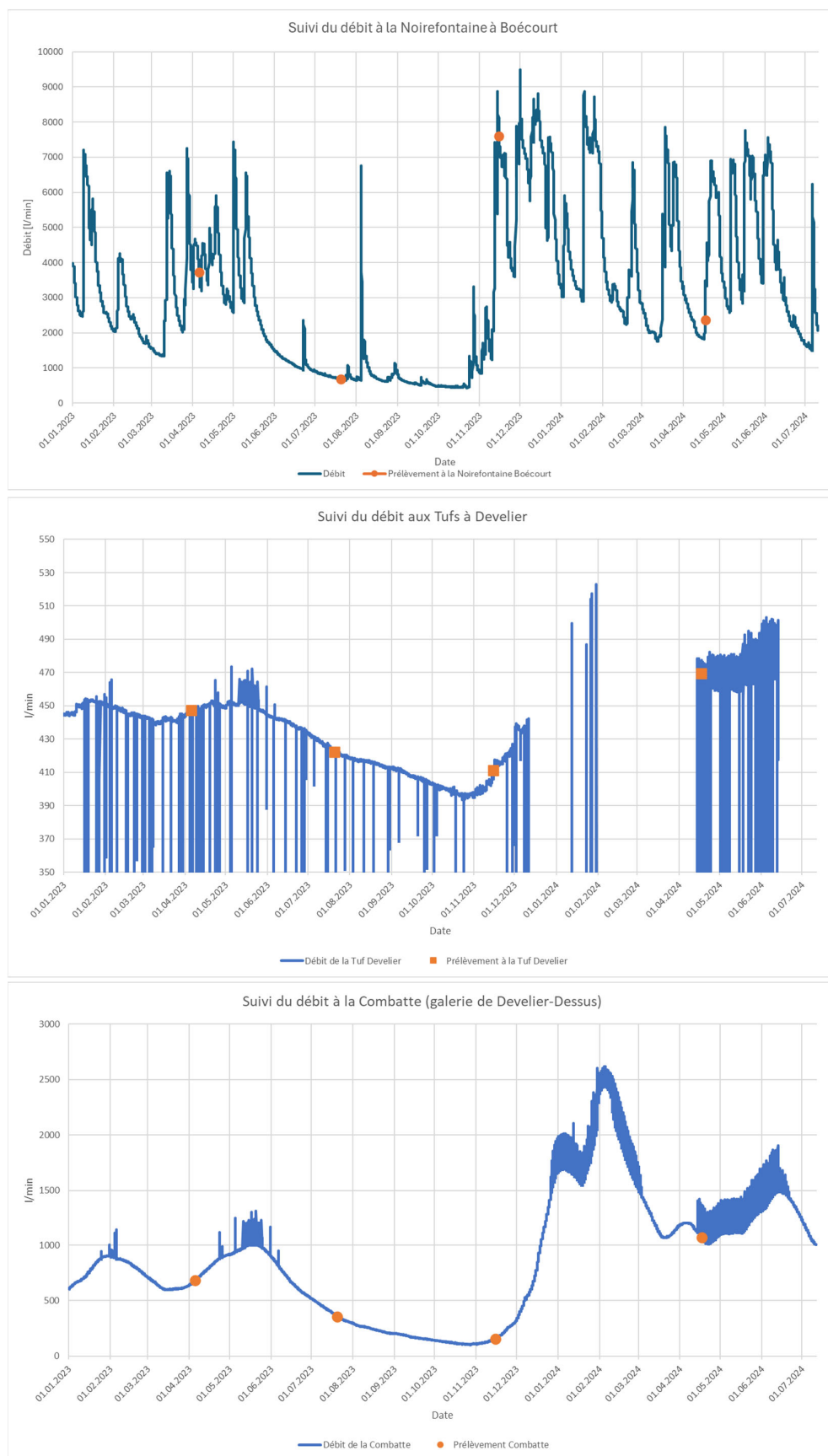


Figure 4 : Chroniques de débit aux sources NOIRB, TUFD et COMB

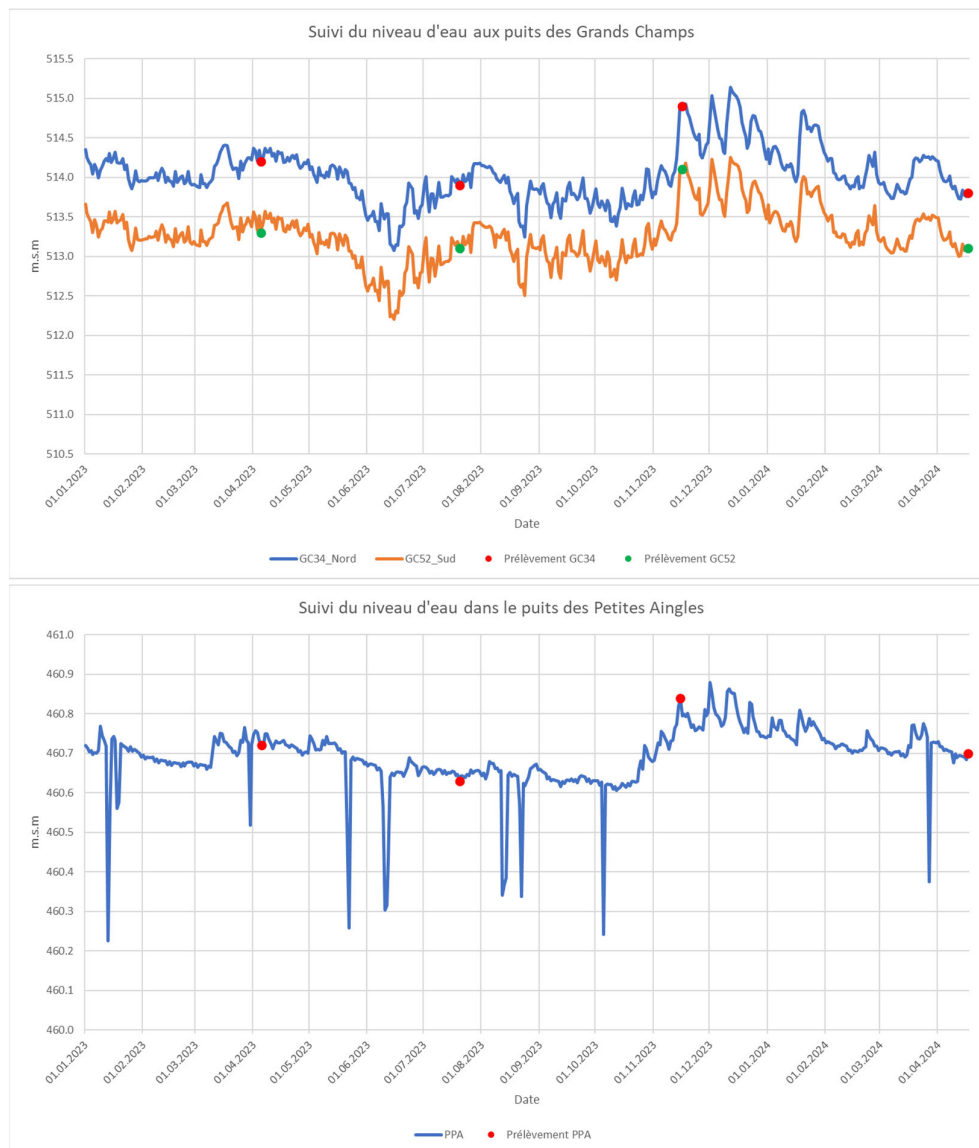


Figure 5 : Chroniques des variations du niveau piézométrique dans les puits GC34, GC52 et PPA

Ces chroniques montrent que la notion de période hydrologique (basses, moyennes et hautes eaux) peut être différente d'un point d'eau à l'autre en fonction de leur inertie hydrodynamique respective. Ainsi, les 4 prélèvements effectués en 2023 et 2024 ont été réalisés au cours d'une période hydrologique qui peut être qualifiée pour chaque point d'eau (**Tableau 3**). Une comparaison est effectuée avec les situations hydrologiques pour les eaux de surface (la Sorne à Delémont).

	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024
NOIRB	moyenne	basse	haute	moyenne
TUFD	moyenne	basse	basse	haute
COMB	moyenne	basse	basse	haute
GC34	moyenne	moyenne	haute	moyenne
GC52	moyenne	moyenne	haute	moyenne
PPA	moyenne	basse	haute	moyenne
Sorne à Delémont	moyenne	basse	haute	moyenne

Tableau 3 : Situation hydrologique à chaque point d'eau lors des prélèvements pour analyses

3.4 DONNÉES RADIONUCLÉIDES

Les données des analyses de radionucléides sont présentées dans le tableau de l'**Annexe 5**.

La représentation graphique de ces résultats fait l'objet de la **Figure 6** ci-dessous.

Pour tous les échantillons, les concentrations en radium (^{226}Ra et ^{224}Ra) sont inférieures à la limite de détection ou proches de la limite de détection, respectivement <5 mBq/l pour le ^{226}Ra et <10 mBq/l pour le ^{224}Ra .

Pour l'uranium, la majorité des valeurs sont proches de la limite de détection de 5 mBq/l pour la somme ($^{238}\text{U} + ^{234}\text{U}$). 5 mBq/l correspond à une quantité chimique d'uranium de $0.2 \mu\text{g U/l}$, soit 0.7% de la valeur limite suisse pour l'eau potable ($30 \mu\text{g U/l}$). Deux valeurs plus élevées se distinguent (à PPA et TUIL pour la tournée du 05.04.2023) mais restent proches de 5 % de la valeur limite de potabilité.

Pour le radon (^{222}Rn), il n'existe pas de valeur limite pour l'eau potable en Suisse, mais un niveau de référence de 100 Bq/l. Les valeurs maximales mesurées en 2023 et 2024 (à PPA) sont de l'ordre de 30% de cette valeur de référence.

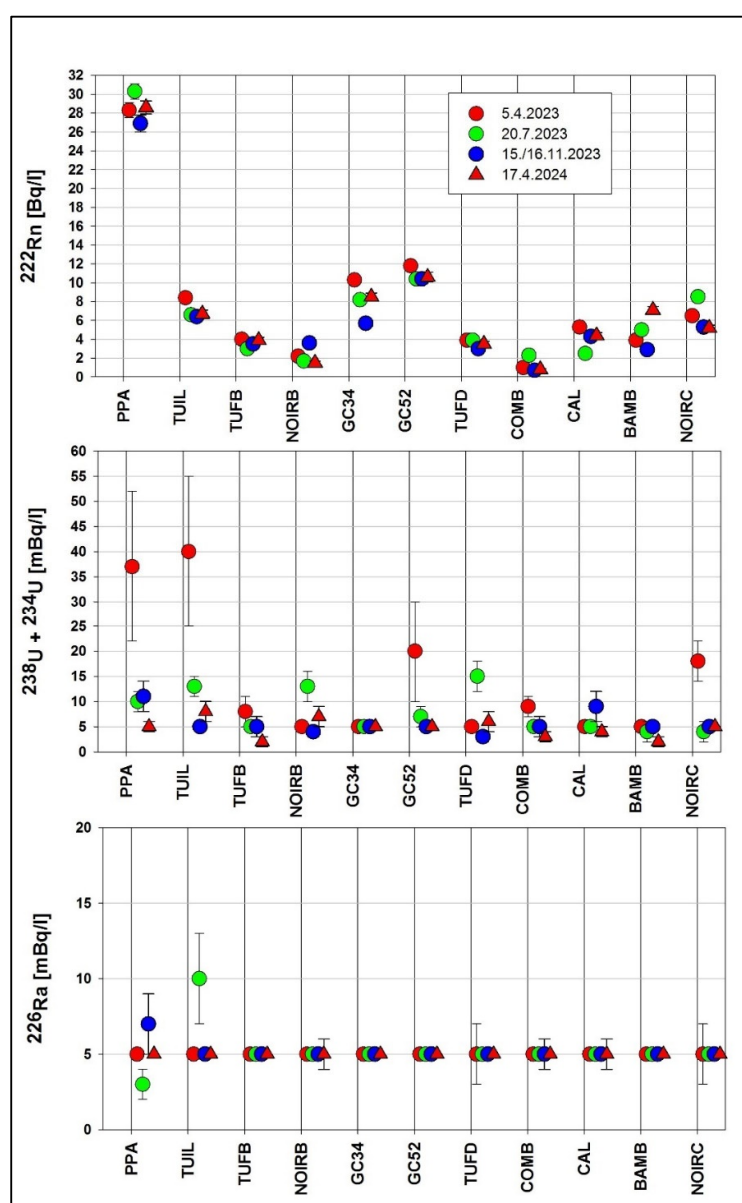


Figure 6 : Résultats pour le radon (^{222}Rn), l'uranium ($^{238}\text{U} + ^{234}\text{U}$) et le radium (^{226}Ra)

Aucune corrélation n'a été observée entre l'uranium, le radium et le radon, mais une corrélation claire a été établie entre les valeurs de ^{222}Rn et la teneur en oxygène dissous : une concentration élevée de radon associée à une faible teneur en oxygène dissous (**Figure 7**).

Cela indique que dans le sous-sol des captages de source à forte concentration en radon, une grande partie de l'oxygène dissous est consommée pour la formation d'hydroxydes de Mn ou de Fe. Le ^{226}Ra se dépose alors sur ces hydroxydes, ce qui entraîne une augmentation des concentrations en radon, le produit de désintégration du ^{226}Ra .

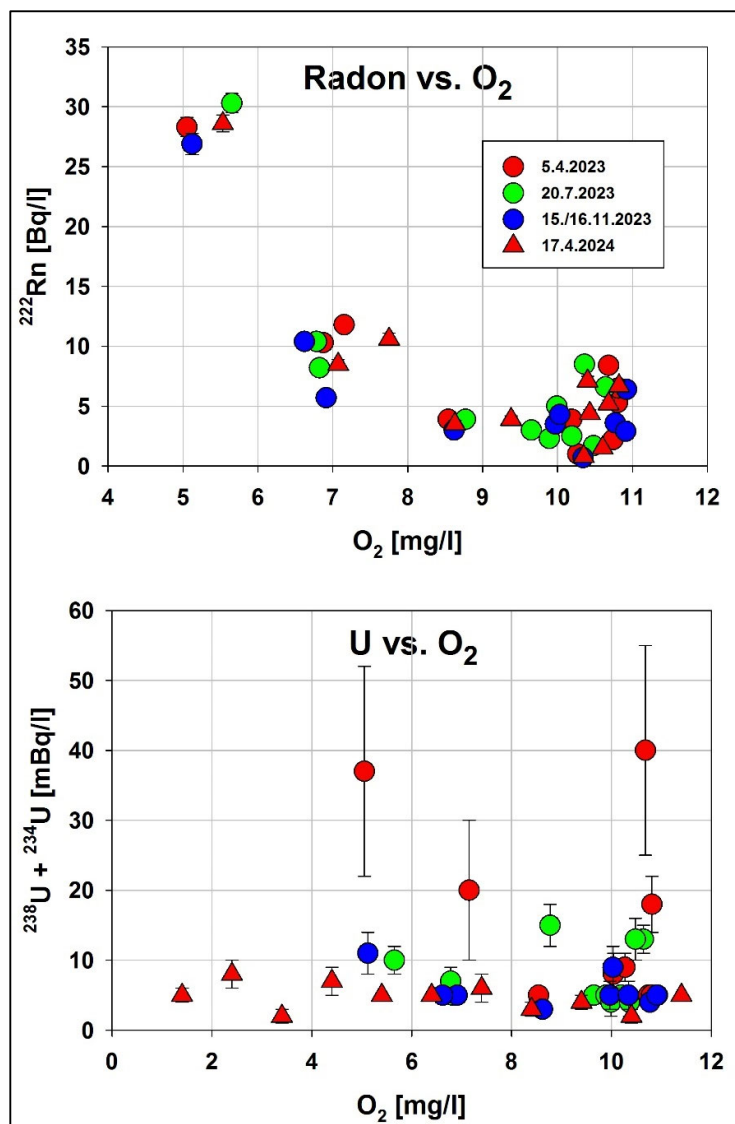


Figure 7 : Corrélation ^{222}Rn vs O₂ et $^{238}\text{U} + ^{234}\text{U}$ vs O₂

5. CONCLUSIONS

La surveillance hydrogéologique dans le cadre du projet de géothermie profonde sur le site de Haute-Sorne (Glovelier) s'est opérée, dans un premier temps, au cours de la phase avant travaux de forage.

Onze points d'eau font partie du réseau de suivi hydrogéologique et concernent des puits et captages de source situés dans un rayon maximum de 5.5 km du site de forage.

Au cours de cette phase initiale, 4 campagnes de prélèvements d'eau pour analyses chimiques ont pu être effectuées entre avril 2023 et avril 2024.

Conformément aux buts de notre mandat, les éléments suivants sont fournis :

- présentation des résultats des analyses de chimie standard et des radionucléides ;
- présentation des résultats des mesures de débit et de niveau d'eau ;
- synthèse de la surveillance qualitative et quantitative ;
- présentation du plan d'alarme hydrogéologique.

Delémont, le 18 juillet 2024

MFR Géologie-Géotechnique SA

Marc Hessenauer



ANNEXE 1 : SUIVI DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

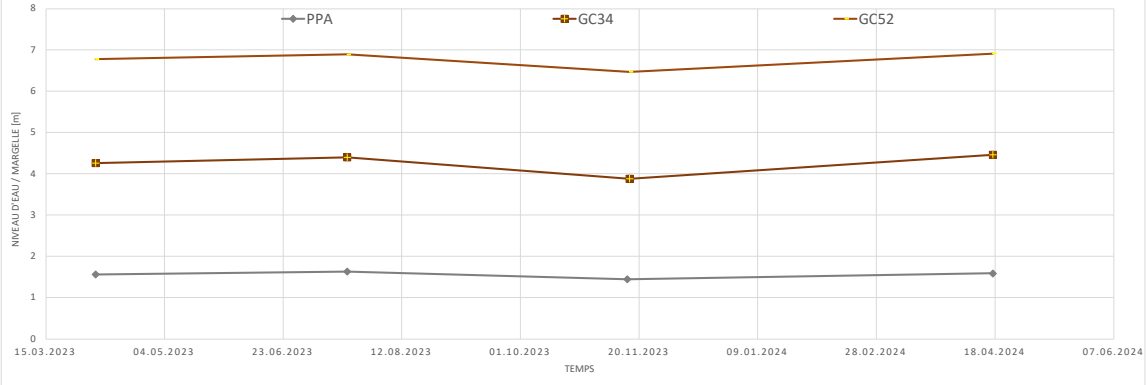
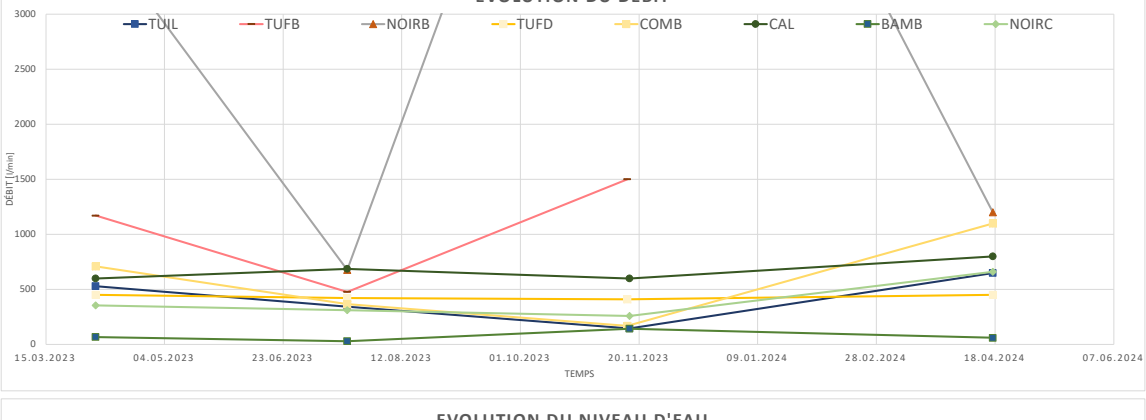
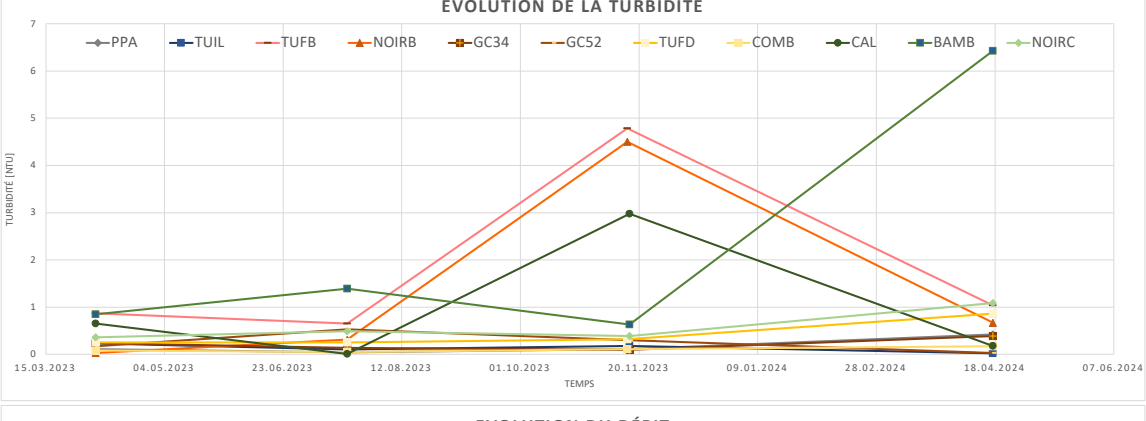
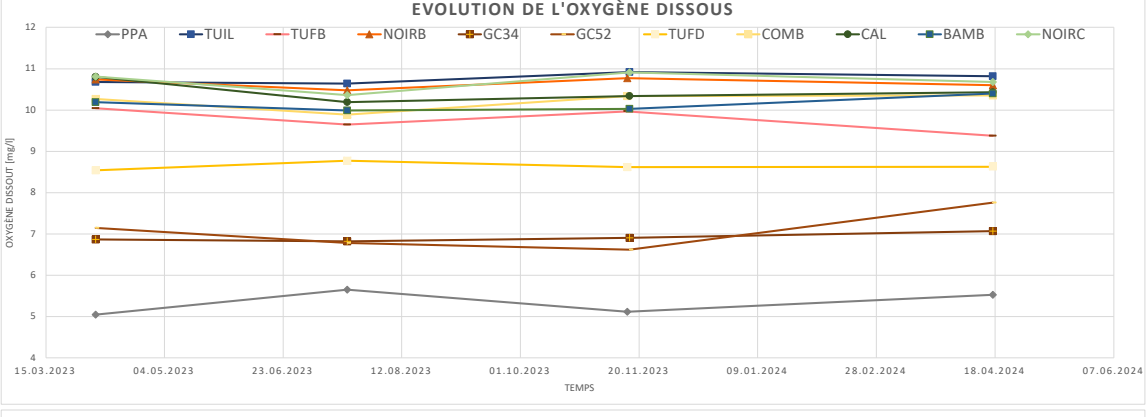
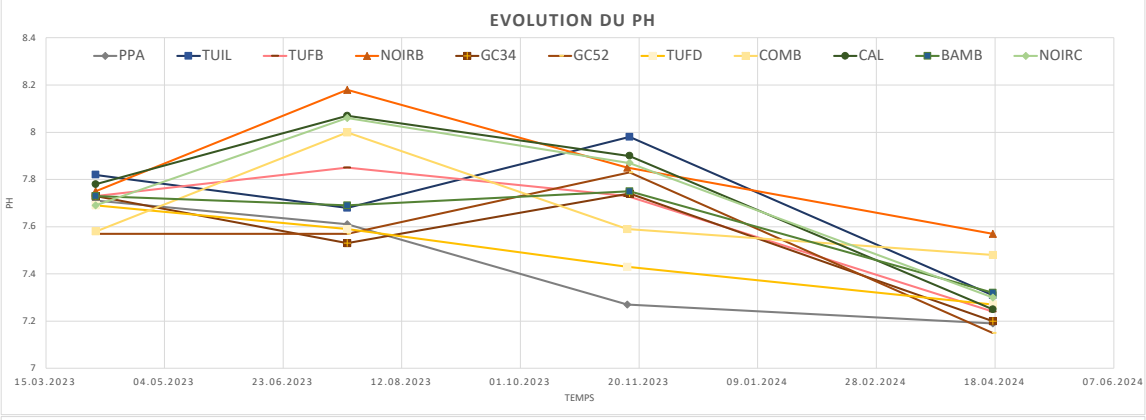
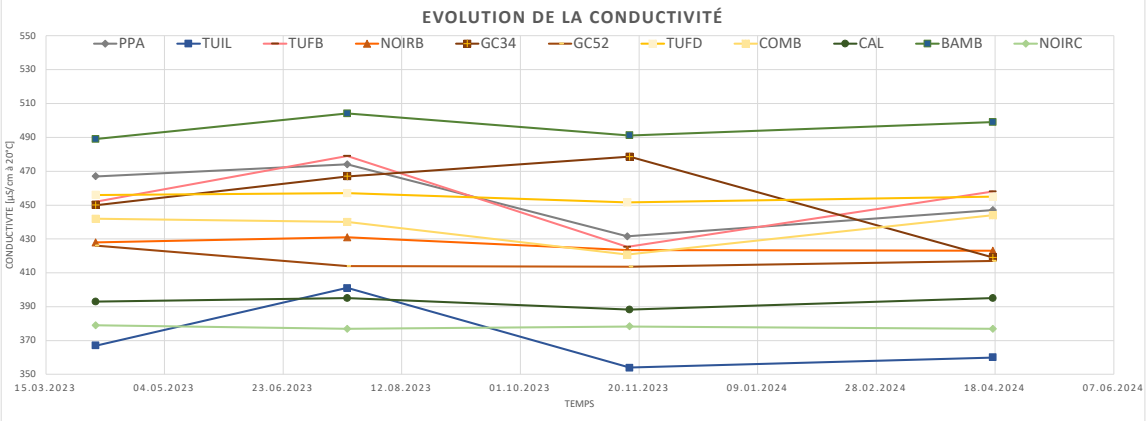
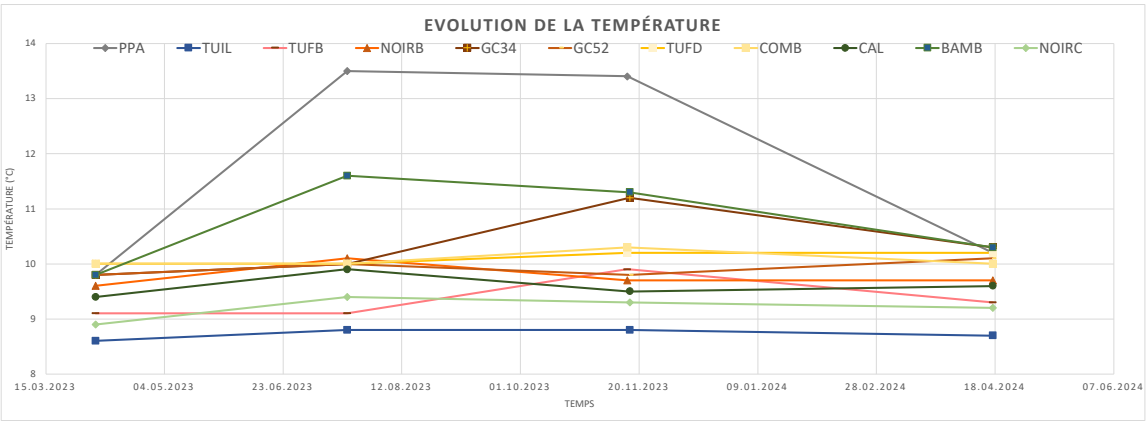
Tableau

Nom du point d'eau	Abréviation	Coordonnée X, Y, Alt			Dates	Heures	T(°C)	Conductivité à 20°C (µS/cm)	pH	O2 dissous (mg/l)	O2 dissous (%)	Eh (mV)	Turbidité (NTU)	Débit (l/min) / Niveau (m)	Remarques
Puits des Petites Aingles	PPA	2 586 678	1 243 180	465.9	05.04.2023	11:40	9.8	467	7.71	5.05	47.1	205.4	0.11	1.56	Niveau/margelle
Puits des Petites Aingles	PPA	2 586 678	1 243 180	465.9	20.07.2023	11:25	13.5	474	7.61	5.65	57		0.04	1.63	Niveau statique
Puits des Petites Aingles	PPA	2 586 678	1 243 180	465.9	15.11.2023	11:00	13.4	432	7.27	5.12	51.6		0.11	1.45	Niveau statique
Puits des Petites Aingles	PPA	2 586 678	1 243 180	465.9	17.04.2024	11:45	10.2	447	7.19	5.53	52.4	195.7	0.42	1.59	Niveau statique
Source des Tuillères	TUIL	2 582 488	1 242 014	557.2	05.04.2023	08:30	8.6	367	7.82	10.68	96	257.9	0.23	530	3 arrivées d'eau
Source des Tuillères	TUIL	2 582 488	1 242 014	557.2	20.07.2023	08:58	8.8	401	7.68	10.64	100.2		0.1	344	
Source des Tuillères	TUIL	2 582 488	1 242 014	557.2	16.11.2023	10:00	8.8	354	7.98	10.92	99.6		0.18	147	
Source des Tuillères	TUIL	2 582 488	1 242 014	557.2	17.04.2024	10:00	8.7	360	7.31	10.82	98.5	200.4	0.02	650	
Source des Tufs Boécourt	TUFB	2 583 801	1 247 151	650.9	05.04.2023	15:30	9.1	452	7.73	10.04	94.1	260	0.87	1170	2 arrivées d'eau
Source des Tufs Boécourt	TUFB	2 583 801	1 247 151	650.9	20.07.2023	14:33	9.1	479	7.85	9.65			0.65	478	
Source des Tufs Boécourt	TUFB	2 583 801	1 247 151	650.9	15.11.2023	14:00	9.9	425	7.73	9.97	94.6		4.79	1500	Estimation débit>>1500 / le ruisseau coule à env. 100 m en amont de la source
Source des Tufs Boécourt	TUFB	2 583 801	1 247 151	650.9	17.04.2024	14:45	9.3	458	7.24	9.38	89.1	187.7	1.04		
Source Noirefontaine Boécourt	NOIRB	2 584 080	1 246 688	568.1	05.04.2023	16:15	9.6	428	7.75	10.74	99.8	256.4	0.03	3760	1 arrivée d'eau. Prélèvement au TP
Source Noirefontaine Boécourt	NOIRB	2 584 080	1 246 688	568.1	20.07.2023	15:05	10.1	431	8.18	10.48			0.31	678	Trop plein: faible écoulement
Source Noirefontaine Boécourt	NOIRB	2 584 080	1 246 688	568.1	15.11.2023	14:30	9.7	423	7.85	10.77	101.1		4.5	7586	Le ruisseau coule fort en amont de la source
Source Noirefontaine Boécourt	NOIRB	2 584 080	1 246 688	568.1	17.04.2024	13:30	9.7	423	7.57	10.6	100.6	186.5	0.67	1200	estimation débit >>1200 / ruisseau coule bien
Puits des Grands Nord	GC34	2 583 270	1 240 728	519.8	05.04.2023	09:00	9.8	450	7.73	6.87	63.8	230.4	0.24	4.26	Puits 1934. Nord. Niveau/margelle
Puits des Grands Nord	GC34	2 583 270	1 240 728	519.8	20.07.2023	09:31	10	467	7.53	6.82			0.14	4.4	
Puits des Grands Nord	GC34	2 583 270	1 240 728	519.8	16.11.2023	08:45	11.2	479	7.74	6.91	66.6		0.1	3.88	
Puits des Grands Nord	GC34	2 583 270	1 240 728	519.8	17.04.2024	09:00	10.3	419	7.2	7.07	67.8	240	0.39	4.46	
Puits des Grands Sud	GC52	2 583 243	1 240 541	521.7	05.04.2023	09:30	9.8	426	7.57	7.15	65.7	206.4	0.17	6.78	Puits 1952. Sud. Niveau/margelle
Puits des Grands Sud	GC52	2 583 243	1 240 541	521.7	20.07.2023	09:49	10	414	7.57	6.78			0.53	6.89	
Puits des Grands Sud	GC52	2 583 243	1 240 541	521.7	16.11.2023	09:15	9.8	414	7.83	6.62	61.7		0.3	6.47	
	GC52	2 583 243	1 240 541	521.7	17.04.2024	09:30	10.1	417	7.15	7.76	73.5	201.8	0.03	6.91	
Les Tufs Develier	TUFD	2 587 467	1 246 177	573.2	05.04.2023	14:15	10	456	7.69	8.54	81.7	250.9	0.25	450	Prélèvement dans la chambre de partage
Les Tufs Develier	TUFD	2 587 467	1 246 177	573.2	20.07.2023	13:48	10	457	7.59	8.77		323	0.25	420	mesure Redox monitoring
Les Tufs Develier	TUFD	2 587 467	1 246 177	573.2	15.11.2023	10:00	10.2	451	7.43	8.62	82.4		0.32	409	
	TUFD	2 587 467	1 246 177	573.2	17.04.2024	14:00	10.2	455	7.27	8.63	83.8	188.1	0.86	450	
La Combatte Develier	COMB	2 587 467	1 246 177	573.2	05.04.2023	14:20	10	442	7.58	10.27	97.7	240.7	0.08	710	Prélèvement dans la chambre de partage
La Combatte Develier	COMB	2 587 467	1 246 177	573.2	20.07.2023	13:42	10	440	8	9.89	93.9		0.05	365	
La Combatte Develier	COMB	2 587 467	1 246 177	573.2	15.11.2023	10:00	10.3	421	7.59	10.34	100.7		0.11	170	
La Combatte Develier	COMB	2 587 467	1 246 177	573.2	17.04.2024	14:00	10	444	7.48	10.35	99.1	188.1	0.17	1100	
Source Chenal Courfaivre	CAL	2 586 897	1 241 548	533.7	05.04.2023	10:35	9.4	393	7.78	10.8	96.8	231.9	0.65	600	1 arrivée d'eau. Débit approximatif. 4.2 cm sur déversoir
Source Chenal Courfaivre	CAL	2 586 897	1 241 548	533.7	20.07.2023	10:42	9.9	395	8.07	10.19	96		0.01	685	5cm sur le déversoir. Trop plein (grotte): légèrement en charge
Source Chenal Courfaivre	CAL	2 586 897	1 241 548	533.7	16.11.2023	11:00	9.5	388	7.9	10.34	96.6		2.98	600	4.7 cm sur le déversoir. Trop plein (grotte): coule fort
Source Chenal Courfaivre	CAL	2 586 897	1 241 548	533.7	17.04.2024	11:00	9.6	395	7.25	10.43	97.2	198.6	0.18	800	4.7 cm sur le déversoir. Trop plein (grotte): coule bien
Source Bambois Courfaivre	BAMB	2 587 254	1 241 670	536.9	05.04.2023	11:10	9.8	489	7.73	10.19	96	230.6	0.85	68	2 arrivées d'eau
Source Bambois Courfaivre	BAMB	2 587 254	1 241 670	536.9	20.07.2023	11:02	11.6	504	7.69	9.99	94.7		1.39	30	
Source Bambois Courfaivre	BAMB	2 587 254	1 241 670	536.9	16.11.2023	11:30	11.3	491	7.75	10.03	97.8		0.63	144	
Source Bambois Courfaivre	BAMB	2 587 254	1 241 670	536.9	17.04.2024	11:15	10.3	499	7.32	10.4	97.7	210.1	6.43	60	
Source Noirefontaine Courfaivre	NOIRC	2 586 835	1 241 849	506.6	05.04.2023	10:05	8.9	379	7.69	10.81	97.8	244.2	0.36	354	1 arrivée d'eau
Source Noirefontaine Courfaivre	NOIRC	2 586 835	1 241 849	506.6	20.07.2023	10:20	9.4	377	8.06	10.36	91.1		0.49	312	
Source Noirefontaine Courfaivre	NOIRC	2 586 835	1 241 849	506.6	16.11.2023	10:30	9.3	378	7.87	10.91	100.7		0.39	260	
Source Noirefontaine Courfaivre	NOIRC	2 586 835	1 241 849	506.6	17.04.2024	10:30	9.2	377	7.3	10.68	98.3	220.5	1.09	660	

Paramètres	Moyenne	ecart type	Coefficient de variation
T°C	11.7	2.0	17.0
Conductivité à 20°C (µS/cm)	455	19	4.2
pH	7.4	0.3	3.4
O2 dissous (mg/l)	5.3	0.3	5.6
Turbidité (NTU)	0.17	0.17	99.9
Niveau (m)	1.56	0.08	5.0
T°C	8.7	0.1	1.1
Conductivité à 20°C (µS/cm)	370	21	5.7
pH	7.7	0.3	3.7
O2 dissous (mg/l)	10.8	0.1	1.2
Turbidité (NTU)	0.13	0.09	69.5
Débit (l/min)	418	220	52.7
T°C	9.4	0.4	4.0
Conductivité à 20°C (µS/cm)	454	22	4.9
pH	7.6	0.3	3.5
O2 dissous (mg/l)	9.8	0.3	3.1
Turbidité (NTU)	1.84	2.0	107.5
Débit (l/min)	1049	522	49.7
T°C	9.8	0.2	2.3
Conductivité à 20°C (µS/cm)	426	4	0.9
pH	7.8	0.3	3.3
O2 dissous (mg/l)	10.6	0.1	1.3
Turbidité (NTU)	1.38	2.1	152.3
Débit (l/min)	3306	3155	95.4
T°C	10.3	0.6	6.0
Conductivité à 20°C (µS/cm)	454	26	5.7
pH	7.6	0.3	3.3
O2 dissous (mg/l)	6.9	0.1	1.6
Turbidité (NTU)	0.22	0.13	59.4
Niveau (m)	4.25	0.26	6.1
T°C	9.9	0.1	1.5
Conductivité à 20°C (µS/cm)	418	6	1.4
pH	7.5	0.3	3.7
O2 dissous (mg/l)	7.1	0.5	7.2
Turbidité (NTU)	0.26	0.21	82.5
Niveau (m)	6.76	0.20	3.0
T°C	10.1	0.1	1.1
Conductivité à 20°C (µS/cm)	455	2	0.5
pH	7.5	0.2	2.5
O2 dissous (mg/l)	8.6	0.1	1.1
Turbidité (NTU)	0.42	0.30	70.3
Débit (l/min)	432.3	21.0	4.9
T°C	10.1	0.2	1.5
Conductivité à 20°C (µS/cm)	437	11	2.5
pH	7.7	0.2	3.0
O2 dissous (mg/l)	10.2	0.2	2.1
Turbidité (NTU)	0.10	0.05	50.0
Débit (l/min)	586	409	69.7
T°C	9.6	0.2	2.3
Conductivité à 20°C (µS/cm)	393	3	0.8
pH	7.8	0.4	4.6
O2 dissous (mg/l)	10.4	0.3	2.5
Turbidité (NTU)	0.96	1.4	144.2
Débit (l/min)	671	95	14.1
T°C	10.8	0.8	7.8
Conductivité à 20°C (µS/cm)	496	7	1.4
pH	7.6	0.2	2.7
O2 dissous (mg/l)	10.2	0.2	1.8
Turbidité (NTU)	2.33	2.8	118.5
Débit (l/min)	76	49	64.2
T°C	9.2	0.2	2.3
Conductivité à 20°C (µS/cm)	378	1	0.3
pH	7.7	0.3	4.2
O2 dissous (mg/l)	10.7	0.2	2.2
Turbidité (NTU)	0.58	0.3	58.9
Débit (l/min)	397	180	45.4

ANNEXE 2 : EVOLUTION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Graphiques



ANNEXE 3 : RAPPORTS DU LABORATOIRE D'ANALYSES CHIMIQUES

Rapports d'analyses

**Géo- Energie Suisse AG**

p/a M^{re} Delémont M. Hessenauer
Reitergasse 11
CH-8004 ZÜRICH

Rapport d'analyse d'échantillon : 230826-1

Emission du rapport : 10 avril 2023

N° de client	00543
N° de dossier	2300269
Nature de l'échantillon	Eau potable
Nom du préleveur	M. Hessenauer
Plan et méthode d'échantillonnage	Référence client
Date d'échantillonnage	05.04.2023
Date de réception	05.04.2023
Conditions météo et température ambiante	Beau. sec
Point de prélèvement	230826 : PPA
(identification, description, état)	230827 : TUIL
	230828 : CC34
	230289 : GC52
	230830 : CAL
	230831 : BAMB
	230832 : NOIRC
	230833 : TUFB
	230834 : NOIRB
	230835 : TUFD
	230836 : COMB
Remarque :	Selon offre no 2200868

Dans le réseau, une eau est considérée comme potable au point de vue bactériologique lorsqu'elle ne contient ni Escherichia Coli, ni Entérocoques dans 100 ml et moins de 300 germes aérobies par ml.

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non accréditées (**) Analyses accréditées et sous-traitées (***) Analyses non accréditées et sous-traitées. Aucune information provenant du Laboratoire ne sera communiquée à des tiers non concernés par cette prestation. Le rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation de RuferLab S.A. Le Laboratoire n'est, en aucun cas, responsable des données fournies par le client : celle-ci sont inscrites dans le rapport en *italiques*. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire.

Résultats revus et approuvés avant émission par :

RuferLab SA


Stéphane Rufer
Directeur



Catherine Corbat-Falbriard
Responsable Microbiologie



Analyses effectuées, n° échantillon 230826 à 230836

Paramètres d'analyses	Méthode	Date d'analyse	Unité	230826	230827	230828	230829	230830	230831	230832	230833	230834	230835	230836
				PPA	TUIL	GC34	GC52	CAL	BAMB	NOIRC	TUFB	NOIRB	TUFD	COMB
Heure de prélèvement		05.04.2023		11h40	08h30	09h00	09h30	10h35	11h10	10h05	15h30	16h15	14h15	14h20
Nombre de flacons		05.04.2023		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Température		05.04.2023	°C	9.8	8.6	9.8	9.8	9.4	9.8	8.9	9.1	9.6	10	10
pH	In situ	05.04.2023		7.71	7.82	7.73	7.57	7.78	7.73	7.69	7.73	7.75	7.69	7.58
Conductivité (20°C)	In Situ	05.04.2023	µS/cm	467	367	450	426	393	489	379	452	428	456	442
Oxygène dissous	In Situ	05.04.2023	mg/l	5.05	10.68	6.87	7.15	10.80	10.19	10.81	10.04	10.74	8.54	10.27
Oxygène dissous (%)	In Situ	05.04.2023	%	47.1	96	63.8	65.7	96.8	96	97.8	94.1	99.8	81.7	97.2
Chimie														
Carbone organique total (TOC)	7.2-MOD-004-24-03	06.04.2023	mg C /l	0.42	0.74	0.17	0.16	1.11	0.33	0.41	0.67	0.72	0.49	0.26
Ammonium	7.2-MOD-004-16-02	06.04.2023	mg NH ₄ ⁺ /l	0.061	0.019	0.020	0.026	0.019	0.027	0.026	0.022	0.023	0.022	0.026
Alcalinité (pH 4.3)	7.2-MOD-004-27-01	06.04.2023	°f	24.3	20.2	23.9	22.5	22.1	28.4	20.5	22.5	22.4	22.8	21.9
Dureté totale	Calcul	10.04.2023	°f	24.6	21.3	24.3	23.1	22.9	29.7	21.5	24.1	23.5	24.3	23.3
Minéralisation totale	Calcul	10.04.2023	mg/l	320	263	317	299	284	366	267	308	301	314	301
Calcium	7.2-MOD-003-01-01	06.04.2023	mg Ca ⁺⁺ /l	97.7	85.1	96.7	92.1	91.7	119	85.9	96.0	94.1	97.0	93.1
Magnésium	7.2-MOD-003-01-01	06.04.2023	mg Mg ⁺⁺ /l	2.660	1.20	4.76	3.79	1.79	1.03	1.89	1.61	2.16	2.81	2.64
Potassium	7.2-MOD-003-01-01	06.04.2023	mg K ⁺ /l	2.07	0.300	1.25	1.14	0.375	0.290	0.425	1.392	0.458	0.688	0.651
Sodium	7.2-MOD-003-01-01	06.04.2023	mg Na ⁺ /l	3.28	0.690	2.60	2.16	0.531	0.851	0.642	5.74	2.99	4.03	4.09
Chlorure	7.2-MOD-004-21-00	07.04.2023	mg Cl ⁻ /l	8.08	1.31	5.35	4.96	1.07	1.73	1.27	13.55	6.99	10.47	11.32
Nitrite	7.2-MOD-004-21-00	07.04.2023	mg NO ₂ ⁻ /l	1.16	< 0.005	< 0.005	0.007	0.014	0.015	< 0.005	0.010	0.009	0.008	0.010
Nitrate	7.2-MOD-004-21-00	07.04.2023	mg NO ₃ ⁻ /l	4.00	10.8	7.61	8.30	6.13	13.0	7.44	9.902	12.5	13.4	11.2
Sulfate	7.2-MOD-004-21-00	07.04.2023	mg SO ₄ ⁻ /l	7.40	4.15	9.87	8.59	6.14	3.34	7.35	4.10	5.38	7.42	6.98
Métaux lourds														
Fer (Fe)	7.2-MOD-003-01-026	06.04.2023	µg/l	0.067	< 0.01	< 0.01	< 0.01	11.626	0.813	2.375	12.429	2.583	4.005	< 0.01
Manganèse (Mn)	7.2-MOD-003-01-025	06.04.2023	µg/l	0.463	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01





Géo-Energie Suisse AG
p/a MFR Delémont M. Hessenauer
Reitergasse 11
CH-8004 ZÜRICH

Rapport d'analyse d'échantillon : 231778-1

Emission du rapport : 23 juillet 2023

N° de client	00552
N° de dossier	2300594
Nature de l'échantillon	Eau potable
Nom du préleveur	M. Hessenauer
Plan et méthode d'échantillonnage	Référence client
Date d'échantillonnage	20.07.2023
Date de réception	20.07.2023
Conditions météo et température ambiante	Beau, sec
Point de prélèvement	231778 : PPA
(identification, description, état)	231779 : TUIL
	231780 : TUFB
	231781 : NOIRB
	231782 : GC34
	231783 : GC52
	231784 : TUFD
	231785 : COMB
	231786 : CAL
	231787 : BAMB
	231788 : NOIRC
Remarque :	Selon offre no 2200868

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non accréditées (**) Analyses accréditées et sous-traitées (***) Analyses non accréditées et sous-traitées. Aucune information provenant du Laboratoire ne sera communiquée à des tiers non concernés par cette prestation. Le rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation de RuferLab S.A. Le Laboratoire n'est, en aucun cas, responsable des données fournies par le client ; celle-ci sont inscrites dans le rapport en *Italiques*. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire.

Résultats revus et approuvés avant émission par :

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur

Catherine Corbat-Falbriard
Responsable Microbiologie



Analyses effectuées, n° échantillon 231778 à 231788

Paramètres d'analyses	Méthode	Date d'analyse	Unité	231778	231779	231780	231781	231782	231783	231784	231785	231786	231787	231788
				PPA	TUIL	TUFB	NOIRB	GC34	GC52	TUFD	COMB	CAL	BAMB	NOIRC
Heure de prélèvement		In-situ		11h25	08h58	14h33	15h05	09h31	09h49	13h48	13h42	10h42	11h02	10h20
Nombre de flacons		In-situ		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Température		In-situ	°C	13.5	8.8	9.1	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	11.6	9.4
pH	In situ	In-situ		7.61	7.68	7.85	8.18	7.53	7.57	7.59	8.0	8.07	7.69	8.06
Conductivité (20°C)	In Situ	In-situ	µS/cm	474	401	479	431	467	414	457	440	395	504	377
Oxygène dissous	In Situ	In-situ	mg O ₂ /l	5.65	10.64	9.65	10.48	6.82	6.78	8.77	9.89	10.19	9.99	10.36
Oxygène dissous (%)	In Situ	In-situ	%	570.0	100.2	n/a	n/a	63.6	n/a	n/a	93.9	96.0	94.7	91.1
Chimie														
Carbone organique total (TOC)	7.2-MOD-004-24-03	20.07.2023	mg C/l	0.25	0.11	0.43	0.21	0.70	1.37	0.22	0.15	0.11	< 0.1	< 0.1
Ammonium	7.2-MOD-004-16-02	22.07.2023	mg NH ₄ ⁺ /l	0.057	0.046	0.090	0.046	0.111	0.192	0.044	0.055	0.055	0.116	0.043
Alcalinité (pH 4.3)	7.2-MOD-004-27-01	22.07.2023	°f	23.3	18.9	23.3	21.4	21.2	21.1	22.2	21.6	21.6	29.6	20.2
Dureté totale	Calcul	22.07.2023	°f	24.6	20.0	24.9	22.6	21.8	21.8	24.0	23.1	22.3	30.7	21.0
Minéralisation totale	Calcul	22.07.2023	mg/l	313	247	320	289	283	280	305	295	278	380	262
Calcium	7.2-MOD-003-01-01	22.07.2023	mg Ca ⁺⁺ /l	97.6	80.2	99.0	90.4	86.6	87	95.8	92.2	89.2	122.8	83.9
Magnésium	7.2-MOD-003-01-01	22.07.2023	mg Mg ⁺⁺ /l	2.34	1.03	1.28	2.60	3.76	3.19	2.39	2.39	2.06	0.96	1.72
Potassium	7.2-MOD-003-01-01	22.07.2023	mg K ⁺ /l	2.07	0.245	1.65	0.57	1.257	1.251	0.572	0.56	0.370	0.267	0.337
Sodium	7.2-MOD-003-01-01	22.07.2023	mg Na ⁺ /l	3.49	0.671	6.04	3.31	2.458	1.860	3.781	3.75	0.55	0.86	0.58
Chlorure	7.2-MOD-004-21-00	21.07.2023	mg Cl ⁻ /l	8.55	1.33	15.27	8.88	6.09	5.26	10.87	11.2	1.05	2.0	1.3
Nitrite	7.2-MOD-004-21-00	21.07.2023	mg NO ₂ ⁻ /l	0.008	< 0.005	0.009	0.012	0.013	0.017	0.010	0.010	0.014	0.021	0.015
Nitrate	7.2-MOD-004-21-00	21.07.2023	mg NO ₃ ⁻ /l	10.1	9.5	9.64	8.72	6.81	7.13	12.4	10.2	5.86	12.6	6.40
Sulfate	7.2-MOD-004-21-00	21.07.2023	mg SO ₄ ⁻ /l	6.43	4.49	4.91	6.56	8.59	8.46	6.78	6.35	6.73	3.16	7.27
Métaux lourds														
Fer (Fe)	7.2-MOD-003-01-026	22.07.2023	µg /l	< 0.01	< 0.01	14.3	1.357	< 0.01	< 0.01	1.56	< 0.01	0.433	0.102	1.260
Manganèse (Mn)	7.2-MOD-003-01-025	22.07.2023	µg /l	0.101	< 0.01	0.155	< 0.01	0.098	0.051	0.023	< 0.01	< 0.01	0.036	< 0.01



Géo-Energie Suisse AG
p/a MFR Delémont M. Hessenauer
Reitergasse 11
CH-8004 ZURICH

Rapport d'analyse d'échantillon : 232720-1

Emission du rapport : 19 novembre 2023

N° de client	00552
N° de dossier	2300943
Nature de l'échantillon	Eau potable
Nom du préleveur	M. Hessenauer/MFR Delémont
Plan et méthode d'échantillonnage	Référence client
Date d'échantillonnage	#15-16.11.2023
Date de réception	#15-16.11..2023
Conditions météo et température ambiante	Beau, sec
Point de prélèvement	232720 : PPA
(identification, description, état)	232721# : TUIL
	232722 : TUFB
	232723 : NOIRB
	232724# : GC34
	232725# : GC52
	232726 : TUFD
	232727 : COMB
	232728# : CAL
	232729# : BAMB
	232730# : NOIRC
Remarque :	Selon offre no 2200868
	(#)Prélevés le 16.11.2023

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non accréditées (**) Analyses accréditées et sous-traitées (***) Analyses non accréditées et sous-traitées. Aucune information provenant du Laboratoire ne sera communiquée à des tiers non concernés par cette prestation. Le rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation de RuferLab S.A. Le Laboratoire n'est, en aucun cas, responsable des données fournies par le client ; celle-ci sont inscrites dans le rapport en *Italiques*. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire.

Résultats revus et approuvés avant émission par :

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Catherine Corbat-Falbriard
Responsable Microbiologie

Analyses effectuées, n° échantillon 232720 à 232730

Paramètres d'analyses	Méthode	Date d'analyse	Unité	232720	232721	232722	232723	232724	232725	232726	232727	232728	232729	232730
				PPA	TUIL	TUFB	NOIRB	GC34	GC52	TUFD	COMB	CAL	BAMB	NOIRC
Heure de prélèvement		In-situ		11h00	14h00	14h30	10h00	10h00	10h00	08h45	09h15	11h00	11h30	10h30
Nombre de flacons		In-situ		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Température		In-situ	°C	13.4	9.9	9.7	10.2	10.3	8.8	11.2	9.8	9.5	11.3	9.3
pH	In situ	In-situ		7.27	7.73	7.85	7.43	7.59	7.98	7.74	7.83	7.90	7.75	7.87
Conductivité (20°C)	In Situ	In-situ	µS/cm	478	471	469	500	466	392	530	458	430	544	419
Oxygène dissous	In Situ	In-situ	mg O ₂ /l	5.12	9.97	10.77	8.62	10.34	10.92	6.91	6.62	10.34	10.03	10.91
Oxygène dissous (%)	In Situ	In-situ	%	51.6	94.6	101.1	82.4	100.7	99.6	66.6	61.7	96.6	97.8	100.7
Chimie														
Carbone organique total (TOC)	7.2-MOD-004-24-03	16.11.2023	mg C/l	0.30	0.47	0.17	0.19	1.12	0.79	0.27	0.17	0.22	0.12	0.84
Ammonium	7.2-MOD-004-16-02	17.11.2023	mg NH ₄ ⁺ /l	0.022	0.017	0.028	0.021	0.014	0.016	0.030	0.023	0.017	0.040	0.013
Alcalinité (pH 4.3)	7.2-MOD-004-27-01	17.11.2023	°f	23.3	19.4	23.3	22.4	22.3	22.3	23.8	22.4	22.3	28.9	21.5
Dureté totale	Calcul	19.11.2023	°f	23.8	20.6	24.3	24.4	22.6	22.6	25.0	23.2	23.2	30.2	22.1
Minéralisation totale	Calcul	19.11.2023	mg/l	313	255	313	309	301	298	328	305	289	373	279
Calcium	7.2-MOD-003-01-01	19.11.2023	mg Ca ⁺⁺ /l	94.5	82.3	97.0	97.6	89.9	90	100.0	92.7	92.8	120.8	88.5
Magnésium	7.2-MOD-003-01-01	19.11.2023	mg Mg ⁺⁺ /l	2.77	1.27	1.43	1.82	4.63	3.82	3.02	2.96	1.62	1.12	2.07
Potassium	7.2-MOD-003-01-01	19.11.2023	mg K ⁺ /l	1.59	0.192	0.95	0.34	0.928	0.780	0.464	0.43	0.262	0.223	0.275
Sodium	7.2-MOD-003-01-01	19.11.2023	mg Na ⁺ /l	4.97	0.946	5.23	2.25	3.970	3.248	6.043	5.35	0.76	1.27	0.91
Chlorure	7.2-MOD-004-21-00	16.11.2023	mg Cl ⁻ /l	6.73	1.44	8.26	4.35	7.07	5.72	11.60	10.6	1.36	2.2	1.3
Nitrite	7.2-MOD-004-21-00	16.11.2023	mg NO ₂ ⁻ /l	0.011	< 0.005	0.010	0.011	0.021	0.017	0.010	0.011	0.017	0.024	0.014
Nitrate	7.2-MOD-004-21-00	16.11.2023	mg NO ₃ ⁻ /l	10.4	10.7	11.69	24.50	7.83	7.36	13.2	9.7	8.58	13.4	7.67
Sulfate	7.2-MOD-004-21-00	16.11.2023	mg SO ₄ ⁻ /l	6.77	5.27	3.31	4.84	10.00	9.02	7.04	6.45	6.00	3.69	7.08
Métaux lourds														
Fer (Fe)	7.2-MOD-003-01-026	19.11.2023	µg /l	< 0.01	< 0.01	60.7	78.5	< 0.01	< 0.01	1.18	< 0.01	61.9	3.65	2.51
Manganèse (Mn)	7.2-MOD-003-01-025	19.11.2023	µg /l	< 0.01	< 0.01	0.466	0.511	0.041	< 0.01	0.041	< 0.01	0.282	0.157	< 0.01



Géo-Energie Suisse AG

p/a MFR Delémont M. Hessenauer
Reitergasse 11
CH-8004 ZURICH

Rapport d'analyse d'échantillon : 240795-1


Emission du rapport : 21 avril 2024

N° de client	00552
N° de dossier	240262
Nature de l'échantillon	Eau potable
Nom du préleveur	M. Hessenauer
Plan et méthode d'échantillonnage	Référence client
Date d'échantillonnage	17.04.2024
Date de réception	17.04.2024
Conditions météo et température ambiante	PLuvieux
Point de prélèvement	240795 : GC 34
(identification, description, état)	240796 : GC52
	240797 : TUIL
	240798 : NOIRC
	240799 : CAL
	240800 : BAMB
	240801 : PPA
	240802 : NOIRB
	240803 : TUFB
	240804 : TUFD
	240805 : COMB
Remarque :	Selon offre no 2200868

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non accréditées (**) Analyses accréditées et sous-traitées (***) Analyses non accréditées et sous-traitées. Aucune information provenant du Laboratoire ne sera communiquée à des tiers non concernés par cette prestation. Le rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation de RuferLab S.A. Le Laboratoire n'est, en aucun cas, responsable des données fournies par le client ; celle-ci sont inscrites dans le rapport en *Italiques*. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire.

Résultats revus et approuvés avant émission par :

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Catherine Corbat-Falbriard
Responsable Microbiologie



Analyses effectuées, n° échantillon 240795 - 240805

Paramètres d'analyses	Méthode	Date d'analyse	Unité	240795	240796	240797	240798	240799	240800	240801	240802	240803	240804	240805
				GC34	GC52	TUIL	NOIRC	CAL	BAMB	PPA	NOIRB	TUFB	TUFD	COMB
Heure de prélèvement	In Situ			09h00	09h30	10h0	10h30	11h00	11h15	11h45	14h30	14h45	14h00	14h00
Nombre de flacons	In Situ			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Température	In Situ	17.04.2024	°C	10.3	10.1	8.7	9.2	9.6	10.3	10.2	9.7	9.3	10.2	10.0
pH	In Situ			n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conductivité (20°C)	In Situ	17.04.2024	µS/cm	419	417	360	377	395	499	447	423	458	455	444
Oxygène dissous	In Situ	17.04.2024	mg O ₂ /l	7.07	7.76	10.82	10.68	10.43	10.40	5.53	10.6	9.38	8.63	10.35
Oxygène dissous (%)	In Situ	17.04.2024	%	67.8	73.5	98.5	98.3	97.2	97.7	52.4	100.6	89.1	83.8	99.1
Chimie														
pH	7.2-MOD-004-12-02	17.04.2024		7.20	7.15	7.31	7.30	7.25	7.32	7.19	7.57	7.24	7.27	7.48
Carbone organique total (TOC)	7.2-MOD-004-24-03	17.04.2024	mg C/l	0.54	0.53	0.27	0.42	0.53	0.51	0.80	0.82	1.44	1.27	1.47
Ammonium	7.2-MOD-004-16-02	18.04.2024	mg NH ₄ ⁺ /l	0.019	0.020	0.015	0.021	0.017	0.024	0.017	0.017	0.019	0.016	0.016
Alcalinité (pH 4.3)	7.2-MOD-004-27-01	18.04.2024	°f	22.9	22.4	19.4	20.9	22.5	29.2	23.5	22.7	23.3	23.0	22.9
Dureté totale	Calcul	18.04.2024	°f	24.2	24.1	21.0	22.3	23.8	30.7	25.1	24.1	24.9	25.6	24.9
Minéralisation totale	Calcul	18.04.2024	mg/l	400	391	338	360	384	500	420	400	422	419	413
Calcium	7.2-MOD-003-01-01	18.04.2024	mg Ca ⁺⁺ /l	88.8	90.7	82.1	85.8	91.7	121	95.9	92.0	97.1	97.6	95.0
Magnésium	7.2-MOD-003-01-01	18.04.2024	mg Mg ⁺⁺ /l	4.87	3.62	1.25	2.07	2.36	1.15	2.78	2.73	1.70	2.97	2.85
Potassium	7.2-MOD-003-01-01	18.04.2024	mg K ⁺ /l	0.993	1.01	0.228	0.352	0.318	0.274	1.65	0.417	1.48	0.538	0.511
Sodium	7.2-MOD-003-01-01	18.04.2024	mg Na ⁺ /l	4.11	2.86	0.943	0.914	0.789	1.20	5.39	4.34	8.33	5.76	5.81
Chlorure	7.2-MOD-004-21-00	17.04.2024	mg Cl ⁻ /l	6.24	4.41	1.42	1.45	1.19	2.30	9.04	7.41	14.5	11.2	11.7
Nitrite	7.2-MOD-004-21-00	17.04.2024	mg NO ₂ ⁻ /l	0.013	0.016	0.013	0.013	0.015	0.021	0.014	0.016	0.019	0.015	0.016
Nitrate	7.2-MOD-004-21-00	17.04.2024	mg NO ₃ ⁻ /l	5.75	7.32	10.2	6.78	6.27	14.5	11.3	9.53	10.0	13.2	11.5
Sulfate	7.2-MOD-004-21-00	17.04.2024	mg SO ₄ ⁻ /l	9.90	8.09	4.67	7.22	6.54	3.18	7.12	6.10	4.74	7.26	6.57
Métaux lourds														
Fer (Fe)	7.2-MOD-003-01-026	18.04.2024	µg /l	0.907	< 0.01	0.253	12.8	2.87	3.66	< 0.01	1.75	21.2	11.9	< 0.01
Manganèse (Mn)	7.2-MOD-003-01-025	18.04.2024	µg /l	0.372	0.058	0.064	0.242	0.119	0.324	0.047	0.074	0.228	0.193	0.054



ANNEXE 4 : RÉSULTATS ET SYNTHÈSE DES ANALYSES CHIMIQUES

Tableau

RESULTATS D'ANALYSES ET CADRE LEGAL

Normes suisses en vigueur

Désignation d'échantillon N° d'échantillon Laboratoire		PPA 230826-1				TUIL 230826-1				GC34 230826-1				GC52 230826-1				CAL 230826-1				BAMB 230826-1	
Date de prélèvement		05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023
Période hydrologique eaux de surface		Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux
PHYSICO-CHIMIE																							
Turbidité 90° (sans traitement)	NTU	0.11	0.04	0.11	0.42	0.23	0.10	0.18	0.02	0.24	0.14	0.1	0.39	0.17	0.53	0.3	0.03	0.65	0.01	2.98	0.18	0.85	1.39
Température	°C	9.8	13.5	13.4	10.2	8.6	8.8	8.8	8.7	9.8	10	11.2	10.3	9.8	10	9.8	10.1	9.4	9.9	9.5	9.6	9.8	11.6
pH (mesure in situ)	-	7.71	7.61	7.27	7.19	7.82	7.6	7.98	7.31	7.79	7.53	7.74	7.2	7.57	7.57	7.83	7.15	7.78	8.07	7.9	7.25	7.73	7.69
Conductivité à 20°C	µS/cm	467	474	432	447	367	401	354	360	450	467	479	419	426	414	414	417	393	395	388	395	489	504
Carbone organique total TOC	mg C/l	0.42	0.25	0.3	0.54	0.74	0.11	0.47	0.53	0.17	0.7	1.12	0.53	0.16	0.11	0.22	1.44	1.11	0.11	0.22	1.44	0.33	<0.1
Alcalinité (dureté carbonatée)	°f	24.3	23.3	23.3	23.5	20.2	18.9	19.4	19.4	23.9	21.2	22.3	22.9	22.5	21.1	22.3	22.4	22.1	21.6	22.3	22.5	28.4	29.6
Dureté totale	°f	24.6	24.6	23.8	25.1	21.3	20	20.6	21	24.3	21.8	22.6	24.2	23.1	21.8	22.6	24.1	22.9	22.3	23.2	23.8	29.7	30.7
MINERAUX CATIONS																							
Potassium	mg/l	2.07	2.07	1.59	1.65	0.300	0.245	0.192	0.228	1.25	1.257	0.928	0.993	1.14	1.251	0.78	1.01	0.375	0.37	0.262	0.318	0.29	0.267
Sodium	mg/l	3.28	3.49	4.97	5.39	0.69	0.671	0.946	0.943	2.6	2.458	3.97	4.11	2.16	1.86	3.248	2.86	0.531	0.55	0.76	0.789	0.851	0.86
Calcium	mg/l	97.7	97.6	94.5	95.9	85.1	80.2	82.3	82.1	96.7	86.6	89.9	88.8	92.1	87	90	90.7	91.7	89.2	92.8	91.7	119	122.8
Magnésium	mg/l	2.66	2.34	2.77	2.78	1.2	1.03	1.27	1.25	4.76	3.76	4.63	4.87	3.79	3.19	3.82	3.62	1.79	2.06	1.62	2.36	1.03	0.96
Ammonium	mg/l	0.061	0.057	0.02	0.017	0.019	0.046	0.017	0.015	0.02	0.111	0.014	0.019	0.026	0.192	0.016	0.02	0.019	0.055	0.017	0.017	0.027	0.116
MINERAUX ANIONS																							
Nitrite	mg/l	1.16	0.008	0.011	0.014	<0.005	<0.005	<0.005	0.013	< 0.005	0.013	0.021	0.013	0.007	0.017	0.017	0.016	0.014	0.014	0.017	0.015	0.015	0.021
Chlorure	mg/l	8.08	8.55	6.73	9.04	1.31	1.33	1.44	1.42	5.35	6.09	7.07	6.24	4.96	5.26	5.72	2.86	1.07	1.05	1.36	1.19	1.73	2.00
Sulfate	mg/l	7.40	6.43	6.77	7.12	4.15	4.49	5.27	4.67	9.87	8.59	10.00	9.90	8.59	8.46	9.02	8.09	6.14	6.73	6.00	6.54	3.34	3.16
Nitrate	mg/l	4.00	10.10	10.40	11.30	10.80	9.50	10.70	10.20	7.61	6.81	7.83	5.75	8.30	7.13	7.36	7.32	6.13	5.86	8.58	6.27	13.00	12.60
METAUX																							
Fer tot	mg/l																						
Fer soluble	mg/l	0.000067	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.000253	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.000907	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.011626	0.000433	0.0619	0.00287	0.000813	0.000102
Manganèse	mg/l																						
Manganèse soluble	mg/l	0.000463	0.000101	<0.00001	0.000047	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.000064	<0.00001	0.000098	0.000041	0.000372	<0.00001	0.000051	<0.00001	0.000058	<0.00001	<0.00001	0.000282	0.000119	<0.00001	0.000036
Uranium	mg/l	0.0015	0.0004	0.0004	0.0002	0.0016	0.0005	<0.0002	0.0001	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0001	0.0008	0.0003	<0.0002	0.0003	<0.0002	<0.0002	0.0004	0.0002	<0.0002	0.0002
RADIOACTIVITE																							
Radon Rn-222	Bq/l	28.3	30.3	26.9	28.6	8.4	6.6	6.4	6.7	10.3	8.2	5.7	8.5	11.8	10.4	10.4	10.6	5.3	2.5	4.3	4.4	3.9	5.0
Radium Ra-226	mBq/l	<5	3.0	7.0	<5	<5	10.0	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Radium Ra-224	mBq/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

																								MSDA/OPBD		
																								Eau potable		
		NOIRC 230826-1				TUFB 230826-1				NOIRB 230826-1				TUFD 230826-1				COMB 230826-1								
15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	05.04.2023	20.07.2023	15.11.2023	17.04.2024	Moyenne	Objectifs de qualité	Valeurs max	Valeurs indicatives	
Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux	Moyennes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Moyennes eaux					
0.63	6.43	0.36	0.49	0.39	1.09	0.87	0.65	4.79	1.04	0.03	0.31	4.5	0.67	0.25	0.25	0.32	0.86	0.08	0.05	0.11	0.17	0.76	<0.5		1.0	
11.3	10.3	8.9	9.4	9.3	9.2	9.1	9.1	9.9	9.3	9.6	10.1	9.7	9.7	10	10	10.2	10.2	10	10	10.3	10	10.0	8 à 15			
7.75	7.32	7.69	8.06	7.87	7.3	7.73	7.85	7.73	7.24	7.75	8.18	7.85	7.57	7.69	7.59	7.43	7.27	7.58	8	7.59	7.48	7.6	7 à 8		6.8 - 8.2	
491	499	379	377	378	377	452	479	425	458	428	431	423	423	456	457	451	455	442	440	421	444	430	200 - 800		800	
0.12	1.27	0.41	<0.1	0.84	1.47	0.67	0.43	0.17	0.27	0.72	0.21	0.19	0.42	0.49	0.22	0.27	0.8	0.26	0.15	0.17	0.82	0.51			1	
28.9	29.2	20.5	20.2	21.5	20.9	22.5	23.3	23.3	23.3	22.4	21.4	22.4	22.7	22.8	22.2	23.8	23	21.9	21.6	22.4	22.9	22.7				
30.2	30.7	21.5	21	22.1	22.3	24.1	24.9	24.3	24.9	23.5	22.6	24.4	24.1	24.3	24	25	25.6	23.3	23.1	23.2	24.9	23.9	>10			
0.223	0.274	0.425	0.337	0.275	0.352	1.392	1.65	0.95	1.48	0.458	0.57	0.34	0.417	0.688	0.572	0.464	0.538	0.651	0.56	0.43	0.511	0.736	< 5			
1.27	1.2	0.642	0.58	0.91	0.914	5.74	6.04	5.23	8.33	2.99	3.31	2.25	4.34	4.03	3.781	6.043	5.76	4.09	3.75	5.35	5.81	2.96	< 20	200		
120.8	121	85.9	83.9	88.5	85.8	96	99	97	97.1	94.1	90.4	97.6	92	97	95.8	100	97.6	93.1	92.2	92.7	95	94.5	<200			
1.12	1.15	1.89	1.72	2.07	2.07	1.61	1.28	1.43	1.7	2.16	2.6	1.82	2.73	2.81	2.39	3.02	2.97	2.64	2.39	2.96	2.85	2.39	<50 - 125			
0.04	0.024	0.026	0.043	0.013	0.021	0.022	0.09	0.028	0.019	0.023	0.046	0.021	0.017	0.022	0.044	0.03	0.016	0.026	0.055	0.023	0.016	0.04	< 0.05	0.1 / 0.5		
0.024	0.021	<0.005	0.015	0.014	0.013	0.01	0.009	0.01	0.019	0.009	0.012	0.011	0.016	0.008	0.01	0.01	0.015	0.01	0.01	0.011	0.016	0.01	< 0.01	0.5		
2.20	2.30	1.27	1.30	1.30	1.45	13.55	15.27	8.26	14.50	6.99	8.88	4.35	7.41	10.47	10.87	11.60	11.20	11.32	11.20	10.60	11.70	6.09	< 20	250		
3.69	3.18	7.35	7.27	7.08	7.22	4.10	4.91	3.31	4.74	5.38	6.56	4.84	6.10	7.42	6.78	7.04	7.26	6.98	6.35	6.45	6.57	6.39	<50	250		
13.40	14.50	7.44	6.40	7.67	6.78	9.90	9.64	11.69	10.00	12.50	8.72	24.50	9.53	13.40	12.40	13.20	13.20	11.20	10.20	9.70	11.50	9.89	< 25	40		
0.00365	0.00366	0.002375	0.00126	0.00251	0.0128	0.012429	0.0143	0.0607	0.0212	0.002583	0.001357	0.0785	0.00175	0.004005	0.00156	0.00118	0.0119	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.01	<0.05	0.2		
																							<0.02	0.05		
0.000157	0.000324	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.000242	<0.00001	0.000156	0.000466	0.000228	<0.00001	<0.00001	0.000511	0.000074	<0.00001	0.000023	0.000041	0.000193	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.000054	0.0002	<0.02			
<0.0002	0.0001	0.0007	0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	<0.0002	0.0005	0.0002	0.0002	<0.0002	0.0006	<0.0002	<0.0002	0.0004	<0.0002	0.0002	<0.0002	0.0004		0.03		
2.9	7.1	6.5	8.5	5.3	5.2	4.0	3.0	3.5	3.9	2.2	1.7	3.6	1.5	3.9	3.9	3.0	3.5	1.0	2.3	0.7	0.8	7.3			100	
<5	<5	5.0	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5.0	<5	<5	<5	<5	<5	5.0	<5	5.8				
<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10				

ANNEXE 5 : RÉSULTATS DES ANALYSES DES RADIONUCLÉIDES

Tableau

Lab #	Echantillon	Date prélèvement	Heure prélèvement	Rn-222 [Bq/l]	+/- [Bq/l]	Ra-226 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	Ra-224 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	U-238+U234 ¹ [mBq/l]	+/- [mBq/l]	U-nat ² [µg/l]	+/- [µg/l]	U-238 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	U-234 [mBq/l]	+/- [mBq/l]
6556	PPA	04.05.23	11:40	28.3	0.8	< 5		< 10		37	15	1.5	0.6				
6567	TUIL	04.05.23	08:30	8.4	0.4	< 5		< 10		40	15	1.6	0.6				
6558	TUFB	04.05.23	15:30	4.0	0.3	< 5		< 10		8	3	0.3	0.1				
6559	NOIRB	04.05.23	16:15	2.2	0.2	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6560	GC34	04.05.23	09:00	10.3	0.5	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6561	GC52	04.05.23	09:30	11.8	0.5	< 5		< 10		20	10	0.8	0.4				
6562	TUFD	04.05.23	14:15	3.9	0.3	5	2	< 10		< 5		< 0.2					
6563	COMB	04.05.23	14:20	1.0	0.1	< 5		< 10		9	2	0.4	0.1				
6564	CAL	04.05.23	10:35	5.3	0.3	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6565	BAMB	04.05.23	11:10	3.9	0.3	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6566	NOIRC	04.05.23	10:05	6.5	0.4	5	2	< 10		18	4	0.7	0.2				
6567	PPA	20.07.23	11:25	30.3	0.8	3	1	< 10		10	2	0.4	0.1				
6568	TUIL	20.07.23	08:58	6.6	0.4	10	3	< 10		13	2	0.5	0.1				
6569	TUFB	20.07.23	14:33	3.0	0.3	< 5		< 10		5	1	0.2	0.1				
6570	NOIRB	20.07.23	15:05	1.7	0.2	< 5		< 10		13	3	0.5	0.1				
6571	GC34	20.07.23	09:31	8.2	0.4	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6572	GC52	20.07.23	09:49	10.4	0.5	< 5		< 10		7	2	0.3	0.1				
6573	TUFD	20.07.23	13:48	3.9	0.3	< 5		< 10		15	3	0.6	0.1				
6574	COMB	20.07.23	13:42	2.3	0.2	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6575	CAL	20.07.23	10:42	2.5	0.2	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6576	BAMB	20.07.23	11:02	5.0	0.3	< 5		< 10		4	2	0.2	0.1				
6577	NOIRC	20.07.23	10:20	8.5	0.4	< 5		< 10		4	2	0.2	0.1				
6578	PPA	15.11.23	11:00	26.9	0.9	7	2	< 10		11	3	0.4	0.1				
6583	TUIL	16.11.23	10:00	6.4	0.4	< 5		< 10		< 5							
6579	TUFB	15.11.23	16:00	3.5	0.3	< 5		< 10		5	2	0.2	0.1				
6580	NOIRB	15.11.23	16:30	3.6	0.3	< 5		< 10		4	1	0.2	0.1				
6584	GC34	16.11.23	08:45	5.7	0.4	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6585	GC52	16.11.23	09:15	10.4	0.5	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6581	TUFD	15.11.23	10:00	3.0	0.3	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6582	COMB	15.11.23	10:00	0.7	0.1	5	1	< 10		5	2	0.2	0.1				
6586	CAL	16.11.23	11:00	4.3	0.3	< 5		< 10		9	3	0.4	0.1				
6587	BAMB	16.11.23	11:30	2.9	0.3	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6588	NOIRC	16.11.23	10:30	5.3	0.4	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6589	PPA	17.04.24	14:24	28.6	0.7	< 5		< 10		5	1	0.2	0.0				
6594	TUIL	17.04.24	16:48	6.7	0.4	< 5		< 10		2	1	0.1	0.0				
6590	TUFB	17.04.24	21:36	3.9	0.3	< 5		< 10		7	2	0.3	0.1				
6591	NOIRB	17.04.24	12:00	1.5	0.2	< 5		< 10		6	2	0.2	0.1				
6595	GC34	17.04.24	12:00	8.5	0.4	< 5		< 10		3	1	0.1	0.0				
6596	GC52	17.04.24	14:24	10.6	0.5	< 5		< 10		8	2	0.3	0.1				
6592	TUFD	17.04.24	12:00	3.5	0.3	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6593	COMB	17.04.24	19:12	0.8	0.1	< 5		< 10		< 5		< 0.2					
6597	CAL	17.04.24	09:36	4.4	0.3	< 5		< 10		4	1	0.2	0.0				
6598	BAMB	17.04.24	02:24	7.1	0.4	< 5		< 10		2	1	0.1	0.0				
6599	NOIRC	17.04.24	04:48	5.2	0.3	< 5		< 10		< 5		< 0.2					

Les incertitudes donnés sont +/- 1-sigma

1) Somme (U-238 + U-234) si les activités sont trop basses pour une séparation des peaks de l'U-238 et de l'U-234

2) En assumant un équilibre entre l'U-238 et l'U-234

Annexe D Annexes Déchets

Quantité de déchets de forage (boues et cuttings)

Analyse radionucléides des boues de forage

Section 1 - Quantité de déchets de forage (boues et cuttings) récupérés

	Datum	Kennzeichen	Saugwagen 10t.	Saugwagen 15t.	Saugwagen 30t.	Bohrschlamm	Betonschlamm	Silowagen	Kating	Waagschein	Begleitschein	Bewilligungen	Personalzuschläge Mo - FR	Personalzuschläge FR - MO	Analysen	Begleitscheinnummer	Begleitscheinnummer2	Bemerkungen
			Sunden	Stunden	Stunden	Tonnen		Stunden	Tonnen	Stück	Stück	Stück	Stunden	Stunden				
MI	22.05.2024	SO 155435		5.75		1.48				1	1					BB03112004		
MI	22.05.2024	SO 157630		5		10.92				1	1					BB03112005		
MI	22.05.2024	SO 21016		5		0				0	0							Leerfahrt, da kein Material
MI	22.05.2024	BE 702802						4.75	3.5	1	1					BB03112001		
MI	22.05.2024	BE 253040						5.5	8.5	1	1					BB03112002		
DO	23.05.2024	BE 253040						10	11.38	1	1					AA05194183		
DO	23.05.2024	SO 155435		9		14.34				1	1					AA05194140		
DO	23.05.2024	SO 21016		12.25		12.9				1	1		2.5			AA05194182		Betoniet zusammensaugen
DO	23.05.2024	SO 157630		12		10.46				1	1		3			AA05194181		Betoniet zusammensaugen
DO	23.05.2024	BE 702802						8	28.44	2	2					AA05194183	AA05194606	
FR	24.05.2024	SO 157630		12.25		31.32				2	1			1.25		AA05195923		
FR	24.05.2024	BE 702802						10.25	45.9	3	1			0.5		AA05195924		
SA	25.05.2024	SO 74752		9.25		31.76				2	1			9.25		AA05196525		
SA	25.05.2024	BE 253040						10.5	41.64	3	1			10.5		AA05196523		
SA	25.05.2024	BE 139755						9	31.36	2	1			9		AA05196524		
SO	26.05.2024	SO 155435		12.5		46.16				3	1	1		12.5		AA05196530		
SO	26.05.2024	SO 21016		4		15.8				1	1	1		4		AA05196534		
MO	27.05.2024	BE 139755						7.25	38.88	3	1					AA05196574		
MO	27.05.2024	BE 253040						9.5	22.52	2	1					AA05196599		
MO	27.05.2024	SO 21112		3.5			12.34			1	1		0.5			AA05197193		
MO	27.05.2024	SO 21016		7.25		29.72				2	1					AA05197063		
MI	27.05.2024	BE 702802						10.25	35.7	3	1					AA05196579		
MI	29.05.2024	SO 157630		7		18.52				2	1					AA05198559		
MI	29.05.2024	SO 21016		11			15.2			1		1		11				Cementieren
MI	29.05.2024	SO 155435		11			38.18			2		1		11	1			Cementieren
MI	29.05.2024	SO 157630		11			26.64			2		1		11				Cementieren

	Datum	Kennzeichen	Saugwagen 10t.	Saugwagen 15t.	Saugwagen 30t.	Bohrschlamm	Betonschlamm	Silowagen	Catting	Waagschein	Begleitschein	Bewilligungen	Personalzuschläge Mo - FR	Personalzuschläge FR - MO	Analysen	Absagen	Begleitscheinnum mer	Begleitscheinnum mer2
			Sunden	Stunden	Stunden	Tonnen		Stunden	Tonnen	Stück	Stück	Stück	Stunden	Stunden				
FR	31.05.2024	SO 21016		9		12.12				1	1						AA05199902	
SO	02.06.2024	SO 155435		7		16.12				1	1	1		7			AA05200398	
MC	03.06.2024	SO 155435		13		58.96				4	1						AA05200421	
DI	04.06.2024	SO 157630		11		30.3				3	1		1				AA05201161	
DI	04.06.2024	SO 155435		8.25		29.5				2	1						AA05201177	
DI	04.06.2024	BE 139755						10.75	43.44	3	1						AA05201152	
DI	04.06.2024	BE 253040						9	32.68	3	1						AA05201168	
MI	05.06.2024	SO74752		10		27.22				2	1						AA05201697	
MI	05.06.2024	SO 157630		11.25		40.4				3	1		1				AA05201700	
MI	05.06.2024	BE 139755						9	58.3	3	1							
DO	06.06.2024	SO 157630		11.25		12.26				1	1		1				AA05208376	
DO	06.06.2024	SO 74752		10		11.04				1	1							
DO	06.06.2024	BE 139755						8.75	31.5	2	1							
DO	06.06.2024	BE 253040						6	26.68	2	1					0.5		
DO	06.06.2024	BE 650680						6.25	22.04	2	1					0.5		
FR	07.06.2024	SO 157630		9		11.94				1	1						AA05209922	
FR	07.06.2024	SO 74752														1		
FR	07.06.2024	BE 139755						4	15.72	1	1					0.5		
FR	07.06.2024	BE 253040						6	32.98	2	1					0.5		
FR	07.06.2024	BE 650680														1		
SA	08.06.2024	SO 74752		6		14.16				1	1			6				
SA	08.06.2024	BE 139755						9.75	36.2	2	2			9.75			AA05216076	
SO	09.06.2024	SO 157630		10		27.02				2	1	1		10			AA05216082	
SO	09.06.2024	BE 650680						10	27.98	3	1	1		10			AA05216093	
SO	09.06.2024	BE 253040						10.25	52.48	3	1	1		10.25			AA05216077	
MC	10.06.2024	SO 157630		9.25		27.36				2	1						AA05216089	
MC	10.06.2024	BE 253040						10.5	44.74	3	1							
MC	10.06.2024	BE 702802						10.25	49.6	3	1						AA05216090	
DI	11.06.2024	SO 157630		10		29.64				2	1						AA05216886	
DI	11.06.2024	BE 253040						10	33.32	3	1							
DI	11.06.2024	BE 702802						9	50.14	3	1						AA05216888	
MI	12.06.20																	

Section 3 - Quantité de déchets de forage (boues et cuttings) récupérés

	Datum	Kennzeichen	Saugwagen 10t.	Saugwagen 15t.	Saugwagen 30t.	Bohrschlamm Salz	Bohrschlamm Normal	Silowagen	Catting	Waagschein	Begleitschein	Bewilligungen	Personalzuschläge Mo - FR	Personalzuschläge FR - MO	Analysen	Absagen	Begleitscheinnum mer	Begleitscheinnum mer2
			Sunden	Stunden	Stunden	Tonnen		Stunden	Tonnen	Stück	Stück	Stück	Stunden	Stunden				
DO	20.06.2024	SO 21016		10.5		48.82				3	1						AA05221968	
DO	20.06.2024	SO 182758			11.25	96.44				3	1		0.5				AA05221969	
FR	21.06.2024	SO 74752		10		37.9				3	1							
FR	21.06.2024	SO 182758			5.5	25.45				1	1							
FR	21.06.2024	SO 157630		5.5		11.96				1	1							
SA	22.06.2024	SO 157630		9.5			13.36			1	1	1		9.5			AA05224195	
MO	24.06.2024	SO 182758			11	91.58				3	1						AA05224245	
MO	24.06.2024	SO 155435		7			37.82			2	2		1				AA05226301	AA05226107
DI	25.06.2024	SO 189819			8	58.46				2	1						AA05226432	
DI	25.06.2024	SO 157630		12.25			30.18			2	1		1				AA05226435	
DI	25.06.2024	BE 253040						7.25	28.02	2	1						AA05226433	
MI	26.06.2024	SO 157630		12.75			39.44			3	1		2.5				AA05228387	
DO	27.06.2024	SO 157630		9.5		25.48				2	1						AA05229564	
DO	27.06.2024	BE 253040						5.5	24.42	2	1					0.5	AA05229565	
FR	28.06.2024	SO 157630		10.5			25.18			2	1						AA05233049	
FR	28.06.2024	BE 253040						9.75	34.66	3	1						AA05233047	
SA	29.06.2024	SO 157630		6			16.84			1	1			6			AA05233770	
MO	01.07.2024	SO 157630		11			27.44			2	1		1.5				AA05233810	
MO	01.07.2024	BE 253040						9.5	30.02	3	1						AA05233810	
DI	02.07.2024	SO 157630		11.5			13.74			1	1		0.75				AA05234569	
MI	03.07.2024	SO 157630		10.5			26.68			2	1						AA05235356	
DO	04.07.2024	SO 182758			5	30.24				1	1						AA05236842	
FR	05.07.2024	SO 157630		8			26.06			2	1							
SA	06.07.2024	SO 157630		7			29.32			2	1			7			AA05243066	
MO	08.07.2024	SO 157630		11			41.84			3	1						AA05243076	
MO	08.07.2024	BE 702802						6	29.4	2	1						AA05243075	
DI	09.07.2024	SO 157630		11		11.4	14.96			2	1						AA05244778	
MI	10.07.2024	SO 62422	10			15.94				2	1						AA05250564	
DO	11.07.2024	SO 62422	10.5				23.44			2	1						AA05251216	
FR	12.07.2024	SO 62422	9				22.36			2	1						AA05251396	
MO	15.07.2024	SO 62422	11				19.48			2	1						AA05254835	
DI	16.07.2024	SO 62422	10				21.28			2	1						AA05255707	
DI	16.07.2024	BE 702802						9.5	51.22	3	1						AA05255495	
MI	17.07.2024	SO 62422	9				16.38			2	1						AA05256169	
MI	17.07.2024	BE 702802						10	53.52	3	1						AA05256143	
FR	19.07.2024	SO 62422	9.5				24.33			2	1						AA05257812	
MO	22.07.2024	SO 157630		10			25.48			2	1						AA05258140	
MO	22.07.2024	BE 139755						11	39.98	3	1						AA05258139	
DI	23.07.2024	SO 157630			5		12.48			1	1						AA05259951	
MI	24.07.2024	SO 62422	10				18.44			2	1		1				AA05269599	
MI	24.07.2024	BE 253040						6.75	20.98	2	1						AA05269590	
FR	26.07.2024	SO 62422	9				20.54			2	1						AA05272344	
FR	26.07.2024	BE 253040						7	23.6	2	1					0.5	AA05272340	
MO	29.07.2024	SO 157630			9		24.86			2	1						AA05273956	
MO	29.07.2024	BE 253040						6.25	22.76	2	1					0.5	AA05273957	

Section 3 - Quantité de déchets de forage (boues et cuttings) récupérés

	Datum	Kennzeichen	Saugwagen 10t.	Saugwagen 15t.	Saugwagen 30t.	Bohrschlamm Normal	Betonschlamm	Silowagen	Catting	Waagschein	Begleitschein	Bewilligungen	Personalzuschläge Mo - FR	Personalzuschläge FR - MO	Begleitscheinnummer	Begleitscheinnummer2
			Sunden	Stunden	Stunden			Stunden	Tonnen	Stück	Stück	Stück	Stunden	Stunden		
MO	05.08.2024	SO 21016		11.5		35.18				2	2		0.5		AA05276797	AA05277234
MO	05.08.2024	SO 157630		4.25		14.34				1	1		0.5		AA05277248	
MI	07.08.2024	SO 157630		9		34.38				2	1				AA05278073	
DO	08.08.2024	SO 157630		10.5		29.68				2	1		1.5		AA05278667	
MI	14.08.2024	SO 157630		7		16.96				1	1				AA05287115	
SA	17.08.2024	SO 157630		10			9.2			1				10		
MO	19.08.2024	SO 189819			12.75	83.24				3	1		2		AA05289355	
MO	19.08.2024	SO 182758			11.5	93.78				3	1		3		AA05290607	
MO	19.08.2024	SO 157630		6												
DI	20.08.2024	SO 74752		12.5		35.84				3	1		1			
DI	20.08.2024	SO 157630		12		29.16				3	1				AA05291407	
DI	20.08.2024	SO 182758			12	82.54				3	1				AA05291408	
MI	21.08.2024	SO 189819			7.75	55.98				2	1					
MI	21.08.2024	SO 182758			10	57.74				2	1				AA05291954	
DO	22.08.2024	SO 74752		10		8.84				1	1					
DO	22.08.2024	SO 182758			10	61.5				2	1				AA05292589	
FR	23.08.2024	SO 182758			8	31.08				1	1				AA05293291	
FR	23.08.2024	BE 702802						3.75	7.5	1	1				AA05293293	
FR	23.08.2024	SO 157630		12										1.75		
SA	24.08.2024	SO 157630		9.5										9.5		
MO 2	26.08.2024	SO 157630		11.5		10.88				1	1		1.5		AA05293927	
DI	27.08.2024	SO 157630		12		10.56				1	1		2		AA05296034	
MI	28.08.2024	SO 157630		11		11.32				1	1		1		AA 05296036	
DO	29.08.2024	SO 157630		10		12.82				2	1				AA05297940	

Analyse radionucléides des boues de forage

Lab #	Echantillon	Date prélèvement	Heure prélèvement	Rn-222 [Bq/l]	+/- [Bq/l]	Ra-226 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	Ra-224 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	U-238+U234 ¹ [mBq/l]	+/- [mBq/l]	U-nat ² [μg/l]	+/- [μg/l]	U-238 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	U-234 [mBq/l]	+/- [mBq/l]	D ³ [mSv/a]	% limite
6600	GVL_1	06.10.2024	11:30			47	5	28	5	< 5		< 0.2						26	9
6601	GVL_1	20.06.2024	/			< 5		39	6	12	3	0.5	0.1					21	7
6602	GVL_1	01.07.2024	16:00			7	2	33	4	< 5		< 0.2						18	6
6603	GVL_1	08.07.2024	11:00			6	2	42	6	18	4	0.7	0.2					23	8
6609	GVL_1	15.07.2024	06:30			9	2	44	5	7	2	0.3	0.1					25	8
6610	GVL_1	22.07.2024	10:30			< 5		18	2	15	4	0.6	0.2					11	4
6611	GVL_1	29.07.2024	09:30			10	2	22	3	20	4	0.8	0.2					14	5

Les incertitudes donnés sont +/- 1-sigma

1) Somme (U-238 + U-234) si les activités sont trop basses pour une séparation des peaks de l'U-238 et de l'U-234

2) En assumant un équilibre entre l'U-238 et l'U-234

3) $D[\text{mSv/a}] = C(\text{U-234} + \text{U-238}) / 22 \text{ mBq/l} + C \text{ Ra-226} / 4 \text{ mBq/l} + C \text{ Ra-228} / 2 \text{ mBq/l}$

Limite : 300 μSv/a, Ra-224 comme proxy pour le Ra-228