

**Forages de
reconnaissance et de
réinjection de 1000-2000 m
« Géothermie moyenne
profondeur Neischmelz »**

FONDS DU
LOGEMENT

Étude d'impact sur l'environnement (Rapport EIE)

- Conformément à la loi sur l'évaluation des incidences sur l'environnement du 15 mai 2018
- Et conformément à l'annexe I (n°11) des règlement grand-ducal du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement

Second complément au rapport EIE

Client

FONDS DU LOGEMENT

52, Boulevard Marcel Cahen
L-1311 LUXEMBOURG
Tél. : (+352) 26 26 44 1
Fax : (+352) 22 31 31



Bureaux d'études

Luxplan S.A.

4, rue Albert Simon
L-5315 Contern
Tél. : (+352) 26 390 1
Fax : (+352) 30 56 09



Géoconseils SA

4, rue Albert Simon
L-5315 Contern
Tél. : (+352) 30 57 99 1
Fax : (+352) 30 56 09



N° de référence	20200097-LP-ENV	
Suivi/Assurance qualité	Nom et qualité	Date
Rédigé par	Vincent Debbaut Tél. : 30 57 99 - 476	19/10/2023
Vérifié par	Dr. Markus Quack Tél. : 26 390 332	19/10/2023

Résumé et modifications

Indice	Description	Date

X:\Echange\VincentDebbaut\Compléments-Neischmelz\ 20200097_EIE_Forages_Neischmelz_compléments_v0.docx



Table des matières

1	Contexte de l'étude complémentaire	4
2	Second complément au rapport Forage de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz »	5
2.1	Thématique 1 - AVIS de l'Administration de la Gestion de l'Eau mai 2023	5
2.2	Thématique 2 - AVIS du Ministère de la Santé Direction de la santé - Radioprotection de mai 2023 ..	10
2.2.1	Correctif par rapport au rapport « Complément au rapport EIE » du 15/02/2023	11
2.2.2	Cuttings extraits durant la phase de forage	12
2.2.3	Déchets générés en phase d'exploitation d'un doublet géothermal	13
2.2.4	Exemples de sites où des dépôts classés comme déchets radioactifs sont connus	14
	Observations en France	14
	Observations en Allemagne	15
2.2.5	Moyens de mitigation	16
2.2.6	Conclusions sur le thème de la radioactivité	16
3	Bibliographie	19

Table des illustrations

Figure 1 : Vues en coupe verticale et en plan pour le premier forage (GNSCH-1) sur le site 2, extrait du troisième rapport Géofluid, n° DCE21212 du 23/08/2021. 8

Tableaux

Tableau 1 : Comparatif des coûts établi par le Fonds du Logement en cas de changement des tubages acier protégés par l’injection d’inhibiteurs de corrosion par des tubages en matériaux composites 7

Tableau 2 : Comparatif des solutions de gestion de la corrosion des tubages 9

Tableau 3 : Activités spécifiques moyennes des radionucléides naturels dans certains matériaux, aliments et dans le corps humain 12

Annexes

- Annexe 01 Courrier référencé n°96642 du 24 mai 2023, avec les avis du MECDD et des autorités sollicitées sur le rapport d’évaluation.
- Annexe 02 Note rédigée par Géofluid relative aux applications de matériaux composites en géothermie en Ile-de-France.
- Annexe 03 ANDRA – Inventaire National des matières et déchets radioactifs -Fiches de déclaration de déchets radioactifs produits par des installations géothermiques. Période 2013 – 2021 ; (<https://inventaire.andra.fr/les-donnees/les-dechets-radioactifs/inventaire-geographique>)

Abréviations

ACV	Analyse Cycle de Vie
AEV	Administration de l'Environnement
AGE	Administration de la Gestion de l'Eau
ANF	Administration de la Nature et des Forêts
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
CASIPO	Cadastre des Sites Potentiellement Pollués
CEF	Continuous Ecological Functionality Measures
CFL	Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois
CNRA	Centre National de la Recherche Archéologique
COP	Coefficient de performance thermique
EIE	Évaluation des Incidences sur l'Environnement / Etude d'Impact Environnemental
EPD	Environmental Product Declaration
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GES	Gaz à effets de serres
GWP	Global Warming Potential
INPA	Institut national du patrimoine architectural
INRA	Institut national de recherches archéologiques
ITM	Inspection du Travail et des Mines
IVL	Integratives Verkehrs- und Landesentwicklungskonzept
MECDD	Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement Durable
MDDI	Ministère du Développement Durable et des Infrastructures
ML	Ministère du Logement
MoDu	Mobilité Durable
MoPAG	Modification ponctuelle du PAG
OBS	Occupation Biophysique du Sol
PAC	Pompe à chaleur
PAG	Plan d'Aménagement Général
PAP-NQ	Plan d'aménagement particulier « nouveau quartier »
P&Ch	Administration des Ponts et Chaussées
PDAT	Programme Directeur d'Aménagement du Territoire
PN	Protection de la Nature (loi PN)
PNDD	Plan National pour un Développement Durable
PSL	Plan Directeur Sectoriel – Logement
PST	Plan Directeur Sectoriel – Transport
RGD	Règlement Grand-Ducal
SCA	Sites Contaminés ou Assainis
SEDAL	Service de Déminage de l'Armée Luxembourgeoise
SPC	Sites Potentiellement Pollués
SSMN	Service des Sites et Monuments Nationaux
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz

1 Contexte de l'étude complémentaire

Le Fonds du Logement est chargé de développer le projet de réaffectation de la friche industrielle Neischmelz à Dudelange. Un des objectifs assignés au projet est de concevoir un quartier neutre en CO₂. La géothermie est une des sources d'énergie envisagée pour atteindre cet objectif. Des études récentes ont en effet identifié la zone de Dudelange comme un des sites offrant les meilleures potentialités pour de la géothermie moyenne profondeur [1] [2] [3]. En fonction des données disponibles actuellement, le sous-sol de Dudelange pourrait renfermer des ressources aquifères entre 1000 et 2000 m de profondeur, à des températures comprises entre 40 et 70 °C.

Un forage de reconnaissance est prévu pour vérifier les hypothèses relatives à la présence d'un gisement géothermique exploitable dans le sous-sol de Dudelange. Si le résultat est positif, l'ouvrage sera transformé en forage d'exploitation, et un second puits, destiné à la réinjection de l'eau après prélèvement des calories, sera foré pour constituer le doublet d'exploitation géothermique.

En vertu de la loi du 15 mai 2018 (ci-après dénommée la loi sur l'évaluation des incidences sur l'environnement, loi EIE), les projets qui répondent aux critères du règlement grand-ducal du 15 mai 2018 doivent être examinés sous l'angle de leurs incidences sur l'environnement.

Le projet désigné comme « Forage de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » » répond aux critères du RGD du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement, point 78 de l'annexe IV du règlement grand-ducal précité, (réalisation de forages géothermiques en profondeur, sur un site, d'une puissance d'absorption thermique supérieure à 30 kW).

En vertu de l'article 2 de la loi EIE, la réalisation d'une évaluation des incidences sur l'environnement (EIE) a été rendue obligatoire après examen d'une vérification préliminaire de l'impact du projet sur l'environnement et considération d'un impact significatif (EIE-Screening). LUXPLAN S.A. et Géoconseils S.A., au nom Fonds du Logement, ont soumis le rapport d'évaluation correspondant (conformément à l'article 6 de la loi sur les EIE) au ministère de l'Environnement (MECDD) en mai 2022.

Dans le courrier référencé n°96642 du 09.08.2022, le MECDD ainsi que les autorités sollicitées ont discuté les effets pertinents pour l'environnement sur les biens protégés développés et ont mentionné les manquements du rapport EIE et les points où des précisions sont souhaitées (cf. annexe 01). Un rapport supplémentaire, soumis le 6 mars 2023 a abordé les points mentionnés dans ce courrier.

Dans son courrier également référencé n°96642 daté 24 mai 2023 (annexe 01), le MECDD demande d'autres informations complémentaires, relatives aux impacts sur les eaux souterraines et aux risques que, durant la phase de forage, les cuttings, les eaux pompées soient considérés comme déchets radioactifs, et durant une phase d'exploitation de doublet géothermique des dépôts à considérer comme déchets radioactifs soient produits.

Le présent rapport supplémentaire aborde donc les points mentionnés dans ce courrier.

2 Second complément au rapport : Forage de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz »

Comme indiqué brièvement ci-dessus, la section suivante présente et développe par thématique les points mentionnés dans les avis des autorités compétentes, recueillis par le MECDD et émis le 23.05.2023.

2.1 Thématique 1 - AVIS de l'Administration de la Gestion de l'Eau mai 2023

Un extrait de cet avis donné ci-dessous qui comporte les points à préciser :

En ce qui concerne le traitement anti-corrosion

Aucune alternative n'utilisant pas d'inhibiteurs de corrosion n'a été présentée, une telle alternative technique est manquante vis-à-vis de la présence d'un aquifère carbonaté. Il est important que de telles alternatives soient également proposées et évaluées.

Des tubages en acier avec des revêtements en époxy ou des systèmes équivalents existent et permettent de s'affranchir de l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion. Ces systèmes n'ont pas été abordés dans le dossier et cette possibilité et les avantages et inconvénients des différentes techniques, qui existent pour éviter de mettre en œuvre des traitements anti-corrosion, sont encore à étudier.

Il est important d'analyser d'autres alternatives, en spécifiant les avantages, les inconvénients et les incidences éventuelles pour justifier du choix (impact, coût, fabrication, etc.) de la solution favorisée.

Le risque de corrosion lié à la production/réinjection d'eau chaude fortement minéralisée doit être maîtrisé, pour éviter le percement des tubages qui protègent les aquifères traversés par le forage au-dessus du réservoir géothermique.

Diverses méthodes peuvent être envisagées ([4], [5], [6]) :

1. Réalisation d'un ouvrage tubé en acier, sans précautions
 2. Réalisation d'un ouvrage tubé en acier avec l'injection d'inhibiteurs de corrosion en continu durant l'exploitation. En fonction des caractéristiques de l'eau géothermale, divers produits, en diverses concentrations peuvent être choisis. Même si ces produits sont étiquetés « verts » par les fournisseurs (sans référence d'essai normalisé), et dosés de façon parcimonieuse, ils contiennent généralement des molécules difficilement dégradables, qui vont être réinjectées dans le réservoir géothermique, aquifère qui contient de l'eau fortement minéralisée, qui n'a à ce jour pas d'autre usage connu que celui de l'extraction de chaleur. Aucune donnée bibliographique
-

relative au devenir au long terme de ces produits dans des réservoir géothermique n'a pu être trouvée. Les interactions avec les roches, notamment carbonatées, ne sont pas connues.

3. Depuis quelques dizaines d'années, l'utilisation d'autres matériaux, plus résistants à la corrosion a été mise en œuvre (« coated casings », matériaux composites, en abrégé MC). L'annexe 02, rédigée par Géofluid, synthétise les cas de mise en œuvre en France, soit pour le rechemisage d'ouvrages existants, soit pour la réalisation d'ouvrages nouveaux, et donne une série d'articles de presse couvrant ces opérations. Des projets dans d'autres régions sont également réalisés avec ce type de tubages, notamment aux EU, Pays-Bas et Allemagne.

L'option 1 s'avère impraticable, les phénomènes de corrosion impliquant d'office une dégradation de l'ouvrage, qui réduit fortement sa durée de vie et qui induit un risque pour les aquifères traversés et normalement protégés par les tubages.

L'option 2 est la plus utilisée en pratique, et permet des durées de vie des ouvrages de l'ordre de 30 ans. La question du devenir des substances injectées dans l'eau géothermale, et donc dans le réservoir géothermique lors de la réinjection est peu étudiée à ce jour. Ces substances sont souvent toxiques, et même si certains composés sont considérés comme biodégradables d'après les fiches de données sécurité, l'environnement anoxique et la forte minéralisation des eaux ne favorise pas leur dégradation. De plus, la contrainte de devoir les utiliser représente un coût à prévoir durant toute la vie de l'installation.

L'option 3 fait l'objet de beaucoup d'études récemment. Des projets de recherche sont mis en œuvre sur ce sujet, notamment GRE-GEO (<https://www.gre-geo.org/>). Des projets récents, notamment aux Pays-Bas, font usage de cette technique. L'évaluation de Géofluid (annexe 02) en résume l'évolution en France. Les avantages sont :

Une résistance à la corrosion qui évite l'injection d'inhibiteurs, qui réduit les opérations périodiques d'entretien ou les opérations de réparations durant la période d'exploitation et qui permet probablement d'envisager une durée de vie plus longue pour l'ouvrage. Les propriétés de surface de matériaux comme l'époxy font que les phénomènes d'entartrage (scaling) sont réduits ou absents. Les processus électrochimiques impliquant le fer, qui expliquent au moins partiellement la formation de galène (PbS) et la précipitation de plomb élémentaire ([7] [8] [6]), ne sont pas actifs avec ces matériaux, et le problème de gestion des matériaux précipités contenant du plomb radioactif est réduit.

Des limitations à l'utilisation de ces matériaux sont cependant identifiées. Dans le cas de traitement de surface de tubes en acier, la zone d'assemblage des tubes constitue souvent un point faible, où des défauts de protection peuvent apparaître, et le recouvrement est généralement fragile, susceptible d'être abîmé lors d'interventions de contrôle ou de réparation dans le puits [4] [5]. Dans le cas des matériaux de type GRE (Glass fiber Reinforced Epoxy), un plus grand diamètre de forage est à prévoir, et les propriétés mécaniques limitent l'angle de déviation possible pour le forage (Géofluid, annexe 02, recommande une valeur maximale de 35°).

Au niveau du coût, les solutions de type « matériau composite » sont plus chères, mais le fait de ne pas devoir injecter d'inhibiteurs et la réduction des maintenances ultérieures compense au moins partiellement ce surcoût.

Le Tableau 1 ci-dessous a été fourni par le Fonds du Logement, sur base d'informations fournies par Géofluid. Il ne prend en compte que les coûts disponibles à ce jour pour la réalisation du forage et pour l'injection d'inhibiteurs. L'impact financier de l'amortissement du surcoût d'investissement, fortement dépendant de l'évolution des taux d'intérêt, n'est pas prise en compte :

Tableau 1 : Comparatif des coûts établi par le Fonds du Logement en cas de changement des tubages acier protégés par l'injection d'inhibiteurs de corrosion par des tubages en matériaux composites

coût supplémentaire tubage composite	1.650.000	€	surcoût de 15% par rapport à un projet en tubage acier, projet Neischmelz entre 11M€ et 15M€
économie de produits anti-corrosion	30.000	€/an	référence de 55k€/an pour un débit nominal annuel de 280m ³ /h, projet Neischmelz entre 100 et 150m ³ /h de débit nominal prévisionnel
temps d'amortissement nécessaire	55	années	=>supérieur à la durée de vie nominale du puits

Au niveau du projet de Neischmelz, la situation implique des contraintes. En particulier, la situation proche de la frontière française, avec la nécessité de rester dans le sous-sol luxembourgeois, implique une architecture particulière pour les forages, particulièrement pour le forage GNSCH-1, en forme de S (voir figure 1). Les matériaux disponibles aujourd'hui permettent de tuber un tel forage en matériau composite. Un projet similaire a été réalisé en Allemagne à Neuruppin, tubé et cimenté en composite.

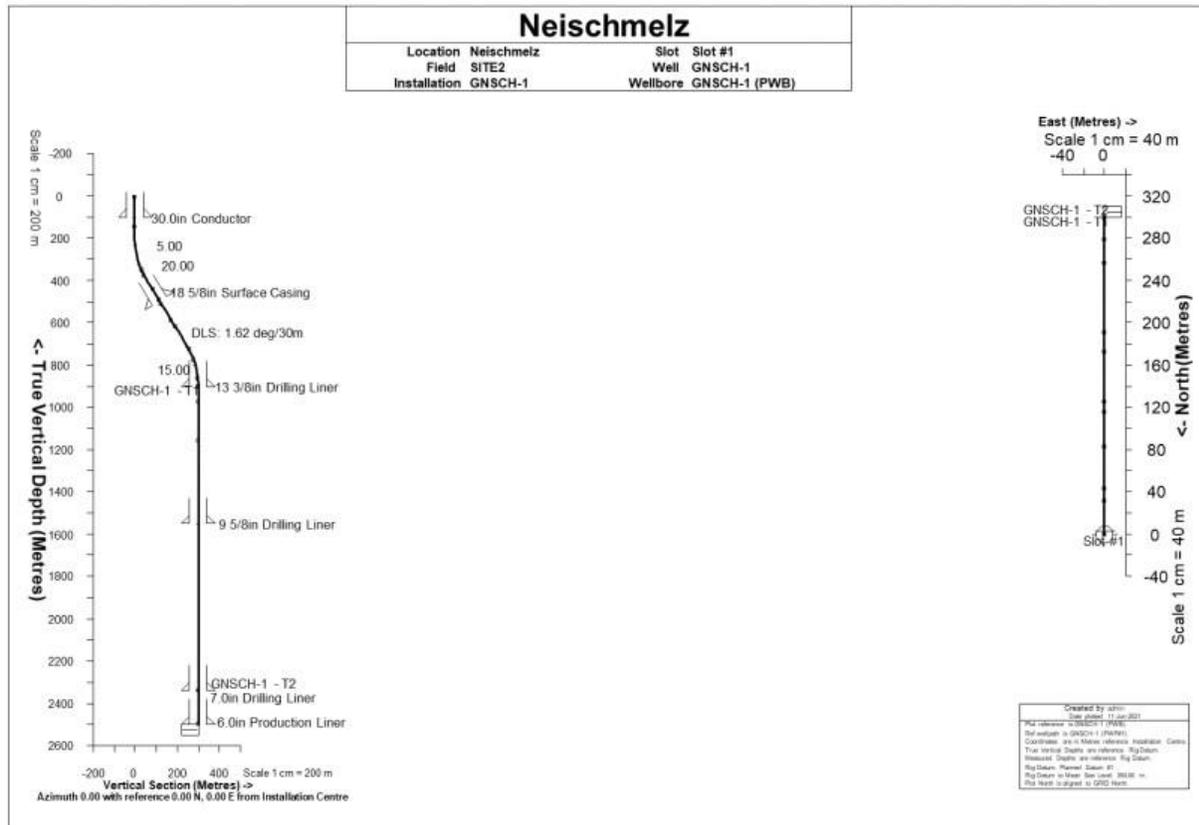


Figure 1 : Vues en coupe verticale et en plan pour le premier forage (GNSCH-1) sur le site 2, extrait du troisième rapport Géofluid, n° DCE21212 du 23/08/2021.

Tableau 2 : Comparatif des solutions de gestion de la corrosion des tubages

Méthode	Avantages	Inconvénients	Applicabilité à Neischmelz
Tubage acier sans injection d'inhibiteurs	<p>Coût initial plus faible</p> <p>Pas d'injection de substances dans le réservoir, et pas de coût inhérent à cette opération</p>	<p>Pas de contrôle des processus de corrosion</p> <p>Vie de l'ouvrage réduite</p> <p>Risque d'entrée d'eau géothermale dans les aquifère plus proches de la surface</p>	Non
Tubage acier avec injection d'inhibiteurs de corrosion	<p>Efficace</p> <p>Coût initial plus faible</p> <p>Utilisable sur ouvrages existants</p> <p>Utilisable sur ouvrages avec une architecture comprenant des changements de direction prononcés</p>	<p>Coût d'exploitation pendant toute la durée de vie de l'installation</p> <p>Injection de réactifs dans le réservoir géothermique, sans évaluation claire de l'impact de ces produits</p> <p>Processus de corrosion malgré tout possible, avec un impact sur les processus électrochimiques de précipitation du plomb.</p>	Oui, mais avec un impact mal défini sur le réservoir.
Tubage MC	<p>Efficace</p> <p>Pas d'injection de substances dans le réservoir</p> <p>Coûts d'exploitation plus bas</p> <p>Moins de dépôts à la surface des tubes, et probablement moins de précipitation de plomb du fait de l'absence de processus électrochimiques</p> <p>Durée de vie de l'ouvrage plus grande.</p>	Coût initial plus élevé	Oui, moyennant une révision du concept actuel, principalement en ce qui concerne les diamètres de forage.

2.2 Thématique 2 - AVIS du Ministère de la Santé Direction de la santé - Radioprotection de mai 2023

Un extrait de cet avis est donné ci-dessous. Il comporte les points à préciser :

...., le projet en question risque de produire des déchets radioactifs dans deux étapes différentes. La **première** étant au cours des forages d'exploration. En effet, les eaux pompées, mais également les roches ou boues extraites risquent de dépasser les valeurs en concentration d'activité X_L , telles que définies à l'annexe II, tableau I, quatrième colonne de la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection. Nous sommes bien conscients qu'il est difficile à ce stade de prévoir la concentration d'activité de ces matières, il nous semble cependant opportun de vous conseiller à continuer à rechercher des situations géologiques similaires et de réaliser des mesures comparatives sur les eaux ou roches s'y trouvant, afin de pouvoir encore mieux apprécier les risques encourus.

Au cas où tes études sur les concentrations d'activité des matières extraites ne relèvent pas de dépassement des valeurs X_L , nous n'avons à ce stade pas d'objections à formuler sur l'exécution de forages de reconnaissance. Nous vous demandons cependant de vérifier à chaque étape que les valeurs X_L ne soient pas dépassées ni pour les matières solides ni pour les eaux. Dès que ces valeurs seront dépassées, il faudra se mettre à la recherche de solutions pour les évacuer. Ceci pourra soit être fait en les traitant de déchets radioactifs ou d'envisager éventuellement, selon tes valeurs observées, une libération conditionnelle, par exemple sur une décharge pour déchets problématiques.

La nouvelle version du dossier ÉIE transmise pour avis mentionne au paragraphe 2.4 que les « mesures de contrôle, et la mise en œuvre des actions nécessaires, sont à réaliser par l'entreprise de forage (en direct ou avec un sous-traitant), et être prévue dans le marché relatif au forage ». A ce sujet, Il est à rappeler qu'il n'existe à ce jour pas de décharge au Luxembourg permettant d'accueillir des déchets radioactifs. Une découverte de matières radioactives dépassant les valeurs X_L risque donc de mener à une situation dans laquelle la création d'une telle décharge s'avère nécessaire. Cette étape est importante à considérer alors dans le cadre de l'élaboration du marché, comme elle constituera un aspect financier et politique non négligeable.

La **deuxième étape**, lors de laquelle des déchets radioactifs risquent d'être produits, est la phase d'exploitation. En effet, des filtrages de l'eau ou la production de précipitations dans les échangeurs de chaleurs ou d'autres dépôts dans les installations risquent de dépasser largement les valeurs de libération, comme les radionucléides s'y accumulent fortement. Dans votre dossier EIE vous affirmez au sujet d'autres projets que « Ces mesures sont toutes inférieures aux valeurs X_E de concentration d'activité à des fins d'exemption de la loi du 28 mai 2019 relative à ta radioprotection. ». Il est à rappeler que les valeurs X_E de concentration d'activité, telles que définies à l'annexe II, tableau I, deuxième colonne de la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection ne sont pas les valeurs à considérer pour une libération telle que prévu à l'article 51 de cette même loi.

Si la quantité de radionucléides accumulés ne peut être maîtrisée, l'exploitation d'une telle installation ne pourra en aucun cas être autorisée sans que les aspects liés à la gestion des déchets radioactifs produits ne seront résolus. Des démarches pour la création d'une décharge pour matières radioactives devront alors avoir lieu avant qu'une exploitation ne pourra être autorisée.

Par ailleurs, l'établissement mettant en œuvre une telle pratique est à considérer comme établissement de classe III avec toutes les dispositions législatives et réglementaires qui s'imposent, y compris une estimation des doses à recevoir par tes travailleurs et le public ainsi que le cas échéant des mesures mises en place afin de protéger

les travailleurs et le public ainsi qu'une surveillance des travailleurs. L'article 60 du règlement grand-ducal du 18 août 2019 relatif à la radioprotection énumère certaines installations pour lesquelles une évaluation plus profonde de l'exposition des travailleurs et du public devra être réalisée. Les installations de production d'énergie géothermique font partie de cette liste.

2.2.1 Correctif par rapport au rapport « Complément au rapport EIE » du 15/02/2023

Au point « 2.7.1 Radioactivité des eaux profondes », page 19 :, il est noté que : « *Le Tableau 2 (données en Bq/kg, alors que la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection qui donne des valeurs en Bq/g), extrait de cette la publication , montre la grande variabilité des concentrations d'activité mesurées sur des eaux profondes. Ces mesures sont toutes inférieures aux valeurs X_E de concentration d'activité à des fins d'exemption de la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection.* ». Il s'agit en fait des concentrations X_L et pas X_E de cette législation qu'il faut prendre en compte.

2.2.2 Cuttings extraits durant la phase de forage

Des données moyennes sur l'activité spécifique de différentes roches et différents matériaux sont disponibles dans la littérature. A titre d'exemple, le Tableau 3, extrait de [9], donne l'activité spécifique moyenne en isotopes ^{238}U , ^{230}Th et ^{40}K de roches, sols, engrais, produits alimentaires et du corps humain. Les granites montrent une activité plus élevée, mais qui reste cependant inférieure aux limites d'exemption de la *loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection*.

Tableau 3 : Activités spécifiques moyennes des radionucléides naturels dans certains matériaux, aliments et dans le corps humain

Material	^{238}U	^{230}Th	^{40}K
	Bq/kg		
Granit ¹	100 ^{a)}	120	1.000
Sand ¹	15 ^{a)}	16	380
Ziegel ¹	50 ^{a)}	52	700
Düngemittel ¹	400 ^{a)}	20	4.000
Boden ²	35	30	400
Nahrung ³	0,008	0,001	100
Mensch ²	-	-	56

a) Identifié dans la référence comme radium-226 (partie de la série de désintégration ^{238}U)

1 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Jahresbericht 2012 „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“, Bonn, Juni 2014.

2 UNSCEAR 2000, Report on the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, Sources and effects of ionizing radiation, Annex B: Exposures from natural radiation sources, 2000.

3 Bundesamt für Strahlenschutz, Natürliche Radionuklide in Nahrungsmitteln, www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/nahrung.html, 2012.

Dans la recherche bibliographique menée à ce jour, aucune indication n'a été trouvée de l'occurrence, lors du forage dans les niveaux attendus à Neischmelz (Buntsandstein et Permien), de cuttings dont l'activité radioactive impliquait qu'ils doivent être classés comme déchets radioactifs. En particulier, pour la période de réalisation des forages de Rittershoffen (fin 2012 pour GRT1 et 2014 pour GRT2) en Alsace, qui recoupent ce type de formation, mais aussi des granites, connu pour avoir une radioactivité plus importante, aucune évacuation de déchets radioactifs n'est mentionnée dans les rapports de l'ANDRA (<https://inventaire.andra.fr/les-donnees/les-dechets-radioactifs/inventaire-geographique>). Cette hypothèse de cuttings classés comme déchets radioactifs à Neischmelz est en conséquence considérée comme fort peu probable. Il est cependant recommandé de procéder à un contrôle en

continu, de manière à pouvoir réagir si une situation inattendue est détectée. (point 2.4 Thématique 2 – Organisation du chantier, page 15 du rapport « Complément au rapport EIE » du 15/02/2023).

2.2.3 Déchets générés en phase d'exploitation d'un doublet géothermal

Plusieurs publications font mention, **en phase d'exploitation** de doublets géothermaux, de l'accumulation de dépôts sur les tubages des forages géothermiques et dans les installations d'échange de chaleur et de filtration, liés à des modifications des équilibres physico-chimique, principalement lors du refroidissement des eaux thermales ([9], [10], [11], [12], [7], [8], [13]). Il peut s'agir notamment de :

- silice [12], peu mentionnée pour les doublets géothermiques en France, Allemagne, Pays-Bas, mais cités lors d'essais d'abaissement plus importants de la température de réinjection (plus bas que 40°C), avec la limite de solubilité de la silice amorphe qui est atteinte pour le site de Stoultz [14],
- carbonates [15], principalement calcite CaCO_3 , pour lesquels le risque de précipitation est généralement contrôlé en maintenant les conditions de pression élevée dans les circuits d'eaux thermales, mais qui nécessitent parfois l'ajout d'inhibiteurs,
- sulfates, principalement de baryum et de strontium [8], [10]
- sulfures, de différents métaux ou métalloïdes, dont plomb, As, Sb [16], [10]
- métaux, notamment plomb élémentaire [17],

Dans ces dépôts, une accumulation d'isotopes radioactifs est observée **pour certains sites** ([10] [8]). Il s'agit :

- d'une part de radium (^{228}Ra , demi-vie 5,8 ans, ^{226}Ra , demi-vie 1600 ans) qui est piégé dans des sulfates : mélange de sulfates de baryum et de strontium, baryte et célestite
- d'autre part de plomb (^{210}Pb , demi-vie 20 ans), présent soit sous forme de sulfure (PbS), soit sous forme métallique.

Ces dépôts, en particulier ceux accumulés dans les filtres et les échangeurs de chaleur, gênent le bon fonctionnement des installations et doivent être nettoyés régulièrement. Les produits enlevés doivent être gérés et évacués en fonction de leurs caractéristiques.

Dans le cas où ils sont considérés comme radioactifs, ils doivent être évacués vers une filière adaptée, et la protection des travailleurs en contact doit être assurée.

Exemples de sites où des dépôts classés comme déchets radioactifs sont connus

Observations en France

Des recherches bibliographiques (publications scientifiques, rapports divers accessibles sur internet) et dans la base de données de l'ANDRA (<https://inventaire.andra.fr/les-donnees/les-dechets-radioactifs/inventaire-geographique>) ont été faites. Sur le territoire français, seuls deux sites alsaciens présentant des problèmes d'accumulation de déchets radioactifs ont été identifiés : Stoultz (Kutzenhausen) et Rittershoffen. Dans les deux cas, ils mobilisent des eaux thermales circulant dans des terrains granitiques sous une couverture de roches sédimentaires du Permien et du Buntsandstein. La minéralisation des eaux thermales est dans les deux cas de l'ordre de 90-100 g/l.

Pour le site de **Stoultz** en Alsace, ces dépôts sont décrits dans les références suivantes : [16], [7], [8]. Les dépôts où sont piégés les isotopes radioactifs sont les sulfates de baryum et strontium qui incluent du radium, des sulfures de plomb et du plomb métallique.

L'injection d'inhibiteurs a permis de réduire fortement les dépôts de sulfates [7] [8]. Dans ces conditions, les quantités de déchets évacuées annuellement pour la période 2013-2021 (données ANDRA, voir annexe 03) sont de 1 à 6 m³. Pour la déclaration 2021, ils comportent des EPI contaminés (1 m³), classés comme TFA (très faible activité), des dépôts originaires de la ferraille contaminée (2 m³), classés comme FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte) et des dépôts originaires des séparateurs (3 m³), classés comme FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte).

Pour le site de **Rittershoffen** en Alsace, ces dépôts sont décrits dans les références suivantes : [11], [8]. Les dépôts où sont piégés les isotopes radioactifs sont les sulfates de baryum et strontium qui incluent du radium, des sulfures de plomb et du plomb métallique.

L'étude d'impact correspondant à la demande de concession pour l'exploitation du gîte géothermique à haute température dans le périmètre du permis exclusif de recherches de « Hatten-Rittershoffen » de 2017 ([18]) mentionne une quantité de déchets radioactifs annuelle estimée à 200 kg, décrite comme provenant de : « nettoyage des échangeurs, collecte des filtres, éléments contaminés ». L'injection d'inhibiteurs a permis de réduire fortement les dépôts de sulfates [8]. Dans ces conditions, les quantités de déchets évacuées pour l'année 2021 (données ANDRA, voir annexe 03) sont inférieures à 1 m³. Ils comportent des EPI contaminés (0,6 m³), classés comme TFA (très faible activité) et des dépôts de ferraille contaminée (0,05 m³), classés comme FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte).

Observations en Allemagne

La publication [10], « Verbundvorhaben: Langfristige Betriebssicherheit geothermischer Anlagen - Teilprojekt: Mobilisierung und Ablagerungsprozesse natürlicher Radionuclide (Teil 1 & 2) », décrit la situation observée dans un doublet géothermique sur le site de Neustadt-Glewe, dans le « Norddeutsches Becken ». Les puits sont ouverts dans un aquifère d'âge keuper supérieur, à des profondeurs comprises entre 2200 et 2300 m. Les eaux sont fortement minéralisées (220 g/l).

Les caractéristiques des échantillons analysés font apparaître des mécanismes de dépôt distincts pour le plomb et pour le radium.

Le piégeage dans les solides précipités amène à un enrichissement ; leur activité est plus élevée que celle de l'eau à partir de laquelle ils sont déposés.

Le bilan effectué sur l'installation [10], après une durée d'exploitation de 14 ans, conduit au calcul de 6000 kg de dépôts (430 kg/an en moyenne), avec des activités spécifiques de 110 Bq/g ^{226}Ra , 230 Bq/g ^{210}Pb , 90 Bq/g ^{228}Ra et 60 Bq/g ^{228}Th .

Les auteurs de la publication [10], « Verbundvorhaben: Langfristige Betriebssicherheit geothermischer Anlagen - Teilprojekt: Mobilisierung und Ablagerungsprozesse natürlicher Radionuclide (Teil 1 & 2) », donnent un résumé de la situation en Allemagne :

- En ce qui concerne la présence d'isotopes radioactifs dans les eaux thermales : « Outre les analyses de l'eau thermale de Neustadt-Glewe, on dispose au total de valeurs pour 10 autres fluides géothermiques provenant de toutes les régions géothermiques importantes d'Allemagne. Les concentrations d'activité pour les eaux du bassin de l'Allemagne du Nord et du fossé du Rhin supérieur se situent dans une plage de concentration de quelques dizaines de Bq/l. Dans le bassin molassique, on observe des concentrations d'activité nettement plus faibles dans les eaux faiblement salées ($<1 \text{ g l}^{-1}$), de l'ordre de moins de 1 Bq/l »
- En matière d'accumulation de matériaux considérés comme déchet radioactifs en Allemagne : « D'une manière générale, on peut constater que des dépôts (scales) radioactifs peuvent apparaître dans toutes les installations géothermiques. Jusqu'à présent, des activités spécifiques des radionucléides ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{228}Ra et ^{228}Th ont été mises en évidence dans une plage de quatre ordres de grandeur ($10^{-1} - 10^3 \text{ Bq g}^{-1}$). On peut supposer que les dépôts (scales) présentant des activités spécifiques significatives pour la radioprotection de plus de 1 Bq g^{-1} apparaissent en priorité dans les installations de géothermie profonde dans lesquelles de l'eau hautement saline est extraite ».

Moyens de mitigation

Pour limiter l'accumulation de dépôts dans les échangeurs et dans les filtres, beaucoup de sites ajoutent des réactifs inhibiteurs. Dans le cas des sites alsaciens mentionnés ci-dessus, des réactifs contenant des phosphonates (injecté à moins de 10 ppm dans l'eau géothermale) sont mentionnés comme ayant de bonne performance pour la réduction des dépôts de sulfates. Cette inhibition a pour effet de réduire les pertes de rendement dans les échangeurs de chaleur et de limiter fortement la quantité de dépôts de sulfates contenant du radium.

Le contrôle des dépôts incluant du plomb est moins bien maîtrisé. Plusieurs auteurs mentionnent l'effet des processus électrochimiques dans l'évolution du plomb, en lien avec les phénomènes de corrosion de l'acier. L'influence de l'apport de plomb lié à des particules, éventuellement formées à la faveur de ces processus électrochimiques, est évoquée. Des essais d'ajout de réactifs inhibiteurs combinés (inhibition de corrosion et du dépôt de sulfates ou inhibition du dépôt de sulfates et de sulfures) sont décrits dans des publications ([19] [17]), mais aucun document relatif à des applications in-situ n'a été trouvé.

Le remplacement des tubages en acier par des tubages en matériaux composites, sur lesquels très peu de dépôts se forment, est susceptible de réduire la quantité de dépôts et de modifier le piégeage d'isotopes radioactifs dans les circuits en contact avec les eaux thermales [13].

Le développement des connaissances sur le sujet des dépôts d'incrustation et sur leur contenu en radioisotopes, en lien avec les caractéristiques de l'eau thermale, de la nature des tubages et de l'installation d'échange de chaleur, des variations de température et pression qui se produisent dans l'installation permet de progressivement mieux connaître les processus en jeu, de prédire plus rapidement les risques de formation de dépôts et de choisir les moyens de mitigation les mieux adaptés. A titre d'exemple, le modèle ORCHESTRA [13], de simulation des processus chimiques dans la géothermie, permet de prédire le type de dépôt qui peut être attendu. Dès que la qualité de l'eau peut être déterminée sur base de l'analyse d'un échantillon prélevé dans un forage de reconnaissance, ce type d'outil peut être mis en œuvre.

2.2.4 Conclusions sur le thème de la radioactivité

Les données bibliographiques mentionnent dans certains sites d'exploitation de ressources géothermiques basés sur des eaux chaudes pompées à moyenne ou grande profondeur la possibilité d'observer des dépôts de précipités (silice, calcaire, sulfates, sulfures, métaux, ...). Certains de ces dépôts sont susceptibles de piéger des isotopes radioactifs du radium et du plomb. Si les concentrations en ces isotopes sont élevées, les dépôts correspondants devront être considérés comme déchets radioactifs ; ils devront être gérés et éliminés selon des filières spécifiques, et des procédures assurant la sécurité du personnel travaillant dans l'installation (particulièrement lors des opérations de nettoyage de ces dépôts) devront être définies, conformément aux législations en vigueur, dans les autorisations relatives à une installation de production de chaleur géothermique.

L'examen des données bibliographiques ne permet pas de prédire de façon fiable l'importance du risque dans le cas d'un forage de reconnaissance à Neischmelz. Certaines grandes lignes peuvent être dégagées :

- le risque est plus élevé si l'on sollicite un réservoir en contact avec des roches granitiques, ce qui est le cas des sites alsaciens cités plus haut, mais n'est pas attendu à Neischmelz,
- le risque est plus élevé avec des eaux fortement minéralisées qu'avec des eaux douces [10], mais sans qu'une règle simple puisse être définie. Dans le cas de Neischmelz, si le réservoir sollicité est le Buntsandstein, une qualité d'eau similaire à celles connues à Mondorf, Amnéville ou Moyeuve (source Perotin) est probable, avec une minéralisation moyenne (de l'ordre de 20 g/l). Si le réservoir sollicité est le Permien, il n'y a pas de donnée accessible qui permettent de faire un pronostic sur la qualité de l'eau qui serait rencontrée.

Il y a donc des incertitudes qui persistent quant à l'évaluation du risque d'avoir à gérer des déchets radioactifs.

Pour les **eaux** et pour les **cuttings de forage**, les données bibliographiques permettent de conclure à un risque très faible. Même en cas de dépassement léger des valeurs X_L , une « libération conditionnelle » pourrait être envisagée, et une évacuation vers un pays voisin pourrait être envisagée.

Pour les éventuels dépôts d'incrustation qui se formeraient dans les installations, l'incertitude est très grande : y aura-t-il des dépôts qui se forment, devront-ils être considérés comme déchets radioactifs ?

Sur base d'analyse des eaux prélevées dans un forage de reconnaissance, les connaissances actuelles permettent de cerner plus précisément les risques, notamment avec les outils de modélisation disponibles.

S'il devait être conclu, après réalisation d'un forage de reconnaissance, que des dépôts radioactifs doivent être gérés conformément à la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection, le problème de leur évacuation devrait être réglé. Leur évacuation vers un pays voisin serait beaucoup plus difficile à négocier que pour des matériaux ne dépassant que légèrement les limite X_L de la loi précitée.

Il n'existe actuellement pas de site de stockage pour déchets radioactifs au Luxembourg, et la création d'une telle installation serait difficile, tant du point de vue technique que du point de vue politique et de l'acceptabilité par le grand public. Les délais que cela impliquerait seraient certainement très longs.

Le projet sur le site de Neischmelz, tel que cela est défini au point 1. « Contexte et mission » du rapport EIE : « **Un forage de reconnaissance est prévu pour vérifier les hypothèses relatives à la présence d'un gisement géothermique exploitable dans le sous-sol de Dudelange** », à un endroit où les données sur la géologie et l'hydrogéologie profonde sont très peu abondantes, est en partie destiné à lever des incertitudes :

- Quelle température sera atteinte dans le réservoir ? Il y a peu de données sur le gradient géothermique local.
- Le débit sera-t-il suffisant pour assurer la production de chaleur espérée ? On peut supposer a priori que le pronostic de débit dans le Buntsandstein ou le Permien est favorable, mais cela n'est pas garanti et cela doit être vérifié.

- La réinjection sera-t-elle possible ? Il n'est pas certain que le débit extrait d'un puits de production puisse être réinjecté dans un autre puits dans la même formation aquifère.
- Y aura-t-il une activité sismique liée à l'exploitation d'un doublet géothermique ? Les incertitudes dans ce cas aussi sont importantes, même si la zone de Dudelange est considérée comme ayant une sismicité faible et si la profondeur visée et les techniques prévues (par de fracturation hydraulique) comportent à priori peu de risques, la note technique du CEGS (annexe 006 du rapport EIE) recommande un monitoring au préalable et pendant la réalisation de forages (et en particulier lors des tests d'injection) pour objectiver le risque de sismicité induite.

Le risque que l'exploitation d'un doublet à Neischmelz génère des déchets radioactifs est également difficile à prédire, et comme les autres incertitudes mentionnées ci-dessus ne peut être précisé que lorsque le premier forage du doublet, à savoir le puits de prélèvement, aura été réalisé. Suite au diagnostic qui pourra être fait par modélisation, trois situations peuvent se présenter :

- Il n'y a pas de risque de dépôt radioactif dans les installations,
- Il y a un risque de dépôts radioactifs, qui peut être évité par l'injection de réactifs inhibiteurs de précipitation. Dans ce cas, l'impact de l'injection, comme pour les inhibiteurs de corrosion, est difficile à prédire, et il faudrait évaluer la compatibilité d'une telle opération avec la législation Luxembourgeoise,
- Il y a un risque de production de déchets radioactifs, même avec l'ajout de réactifs inhibiteurs.

Seule la première possibilité offre des perspectives de programmer la réalisation du second forage et l'autorisation de l'exploitation du doublet dans un délai court.

3 Bibliographie

- [1] T. Schintgen, «Exploration for deep geothermal reservoirs in Luxembourg and the surroundings - perspectives of geothermal energy use,» *Geothermal Energy* - Springer, 2015.
- [2] T. Schintgen, A. Förster, H.-J. Förster et B. Norden, «Surface heat flow and lithosphere thermal structure of the Rhenohercynian Zone in the greater Luxembourg region,» *Geothermics* - Elsevier, 2015.
- [3] T. Schintgen et A. Förster, «Geology and basin structure of the Trier-Luxembourg Basin – implications for the existence of a buried Rotliegend graben,» *Z. Dt. Ges. Geowiss. (German J. Geosci.) Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart*, 2013.
- [4] J. Bellarby, «WELL COMPLETION DESIGN,» Elsevier, Amsterdam, 2009.
- [5] «GEOHERMAL WELL INTEGRITY STUDY,» https://geothermie.nl/images/Onderzoeken-en-rapporten/01_10_16_Putintegriteit/Geothermal_Wells_integrity_study_report_final.pdf, Amsterdam, 2016.
- [6] Wood Group, «Corrosion Review and Material Selection for Geothermal Wells,» Wood Group (www.woodgroup.com), Chester, 2017.
- [7] R. Haas-Nüesch, F. Heberling, D. Schild, J. Rothe, K. Dardenne, S. Jähnichen et E. Eiche, «Mineralogical characterization of scalings formed in geothermal sites in the Upper Rhine,» *Geothermics*, vol. 71, 2018.
- [8] J. Mouchot, A. Genter, N. Cuenot, J. Schreiber, O. Seibel, C. Bosia et G. Ravier, «First Year of Operation from EGS geothermal Plants in Alsace, France: Scaling Issues,» chez *Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford, 2018.
- [9] D. Degering, S. Feige et M. Köhler, «Hintergrundpapier zum Umgang mit natürlicher Radioaktivität in Anlage der Tiefen Geothermie,» Bundesverband Geothermie, 2016.
- [10] D. Degering, M. Köhler et H.-J. Friedrich, «Verbundvorhaben: Langfristige Betriebssicherheit geothermischer Anlagen - Teilprojekt: Mobilisierung und Ablagerungsprozesse natürlicher Radionuclide (Teil 1 & 2),» VKTA Dresden, Dresden, 2009.
- [11] C. Bosia, J. Mouchot, G. Ravier, A. Seibt, S. Jähnichen, D. Degering, J. Scheiber, E. Dalmais, C. Baujard et A. Genter, «Evolution of Brine Geochemical Composition during Operation of EGS Geothermal Plants (Alsace, France),» chez *46th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford, 2021.
- [12] I. Gunnarsson et S. Arnorson, «Impact of silica scaling on the efficiency of heat extraction from high-temperature geothermal fluids,» *Geothermics*, vol. 34, p. 320–329, 2005.
- [13] G. de With, J. Meeussen, A. Tacu et D. Holzer, «NORM scaling and the use of GRE in geothermal well design,» chez *IAEA-CN-XXXX*, 2022.
- [14] ESG, «Summary of additional heat production capacities at the Soultz-sous-Forêts site,» chez *MEET - Multi-sites EGS Demonstration WP6*, 2019.

- [15] J. Zotman, A. Vetter et R. S., «Evaluating efficiency and stability,» *Geothermal Energy*, vol. 6, n° %118, 2018.
- [16] J. Scheiber, F. Nitschke, A. Seibt et A. Genter, «GEOCHEMICAL AND MINERALOGICAL MONITORING OF THE GEOTHERMAL POWER PLANT IN SOULTZ-SOUS-FORÊTS (FRANCE),» chez *Thirty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*, Stanford, 2012.
- [17] J. S. A. Scheiber, S. D. D. Jähnichen et J. Mouchot, «Combined Application of Inhibitors for Scale and Corrosion Mitigation: Lessons Learned,» chez *European Geothermal Congress 2019*, Den Haag, 2019.
- [18] OTE Ingénierie, «Concession de Rittershoffen - ETUDE D'IMPACT ET ETUDE DE L'INCIDENCE SUR LA RESSOURCE EN EAU,» OTE Ingénierie, Illkirchh, 2017.
- [19] S. Jähnichen, D. Degering, A. Seibt, J. M. J. Scheiber, C. Buse et F. Heberling, «Inhibition of scales in geothermal plants in Upper Rhine Graben: Monitoring of fluids and scales,» chez *European Geothermal Congress 2019*, Den Haag, 2019.
- [20] Björnson Beratende Ingenieure GmbH, «Hydrogeologisches Modell "Nordliches Trias Luxemburg",» 2012.
- [21] Agence de l'eau Rhin-Meuse, « Grès du Trias inférieur (GTI),» chez *Atlas hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse*, 202.
- [22] T. Plenefisch, C. Bönnemann, L. Brückner, L. Ceranna, N. Gestermann, G. Houben, T. Tischner, U. Wegler et M. Wellbrink, «Tiefe Geothermie - mögliche Umweltauswirkungen infolge hydraulischer und chemischer Stimulationen,» Umwelt Bundesamt, Dessau-Rosslau, 2015.

Autres sources

Loi du 18 juillet 2018 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles.

Loi du 15 mai 2018 relative à évaluation des incidences sur l'environnement.

Loi du 30 juillet 2013 concernant l'aménagement du territoire (Landesplanungs-Gesetz).

Loi du 28 juillet 2011 portant modification de la loi modifiée du 19 juillet 2004 concernant l'aménagement communal et le développement urbain (PAG-Gesetz).

Loi modifiée du 22 mai 2008 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement.

Règlement grand-ducal du 1er août 2018 déterminant la valeur monétaire des éco-points.

Règlement grand-ducal du 1er août 2018 instituant un système numérique d'évaluation et de compensation en éco-points.

Règlement grand-ducal du 1er août 2018 établissant les biotopes protégés, les habitats d'intérêt communautaire et les habitats des espèces d'intérêt communautaire pour lesquelles l'état de conservation a été évalué non favorable, et précisant les mesures de réduction, de destruction ou de détérioration y relatives.

Règlement grand-ducal du 1er août 2018 établissant l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire et des espèces d'intérêt communautaire.



Règlement grand-ducal du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement.

Règlement grand-ducal du 4 janvier 2016 modifiant le règlement grand-ducal du 30 novembre 2012 portant désignation des zones de protection spéciale.

Règlement grand-ducal du 30 novembre 2012 portant désignation des zones de protection spéciale.

Règlement grand-ducal du 8 janvier 2010 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces de la flore sauvage.

Règlement grand-ducal du 6 novembre 2009 portant désignation des zones spéciales de conservation.

Règlement grand-ducal du 9 janvier 2009 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces animales de la faune sauvage.

Règlement grand-ducal du 25 janvier 2006 déclarant obligatoire le plan directeur sectoriel « stations de base pour réseaux publics de communications mobiles » .

Règlement grand-ducal du 9 janvier 2006 déclarant obligatoire le plan directeur sectoriel « décharges pour déchets inertes » .

EU-KOM – GD Umwelt [Europäische Kommission GD Umwelt] (2001a): Prüfung der Verträglichkeit von Plänen und Projekten mit erheblichen Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete Methodik-Leitlinien zur Erfüllung der Vorgaben des Artikels 6 Absätze 3 und 4 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG. Oxford. 75p.

EU-KOM [Europäische Kommission] (2001b): Guidance on EIA – Scoping. 38p.

EU-KOM [Europäische Kommission] (2007): Leitfaden zum strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der FFH-Richtlinie 92/43/EWG. 96p.

EU-KOM [Europäische Kommission] (2007/2012): Auslegungsleitfaden zu Artikel 6 Absatz 4 der 'Habitat-Richtlinie' 92/43/EWG – Erläuterungen der Begriffe: Alternativlösungen, zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesse, Ausgleichsmaßnahmen, globale Kohärenz, Stellungnahme der Kommission. 33p.

EU-KOM [Europäische Kommission] (2012): Leitlinien für bewährte Praktiken zur Begrenzung, Milderung und Kompensierung der Bodenversiegelung. 68p

**Annexe 20200097_ EIE Forages dereconnaissance et de réinjection de 1000-
2000 m« Géothermie moyenne profondeur Neischmelz »
Second complément au rapport EIE-01
Courrier du MECDD du 24 mai 2023**



Luxembourg, le **24 MAI 2023**

Fonds du Logement
52, Boulevard Marcel Cahen
L-1311 Luxembourg

N/Réf : 96642
Dossier suivi par : Charel Gleis
Tél. : 247 86872
E-mail : charel.gleis@mev.etat.lu

Concerne : Loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement (EIE)
Evaluation du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m - Géothermie moyenne profondeur Neischmelz - » sur le territoire de la commune de Dudelange – avis concernant le complément au rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement

Madame, Monsieur,

Le projet sous rubrique figure au point 78 de l'annexe IV du règlement grand-ducal du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement.

Par ma décision du 14 septembre 2020, l'élaboration d'un rapport d'évaluation a été requise pour le projet sous rubrique.

En date du 9 août 2022, le MECDD a émis un avis sur le rapport d'évaluation relatif au projet sous rubrique.

En date du 6 mars 2023, le fonds du logement a soumis pour avis le complément au rapport d'évaluation relatif au projet sous rubrique. Vous trouverez en annexe l'avis établi par l'autorité compétente au sujet du rapport d'évaluation révisé « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » – complément au rapport EIE » du 15 février 2023, élaboré par les bureaux d'études Luxplan S.A. et Géoconseils S.A..

L'avis qui suit comprend également les avis des autres autorités ayant des responsabilités spécifiques relatives aux facteurs environnementaux à évaluer (voir liste en annexe).

Sur demande du maître d'ouvrage une réunion de concertation avec les autorités ayant émis un avis peut être organisée dans les meilleurs délais.

Veillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments distingués.

Pour la Ministre de l'Environnement, du
Climat et du Développement durable

Marianne MOUSEL
Premier Conseiller de Gouvernement

N° Dossier: 96642		
Géothermie moyenne profondeur Neischmelz		
EIE Phase:	Rapport complément	
Autorité	Saisine	Avis
Administration de la nature et des forêts	oui	23.03.2023
Administration de la gestion de l'eau	oui	9.05.2023
Administration de l'environnement	oui	4.05.2023
Ministère de la Santé : Division de la Radioprotection	oui	21.04.2023
Ministère de la Santé : Division de la Santé au Travail	oui	24.04.2023
Inspection du Travail et des Mines	oui	27.04.2023
Administration des ponts et chaussées : Service géologique de l'Etat	oui	21.04.2023
Département de l'énergie	oui	
Département de l'aménagement du territoire	oui	
Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois	oui	14.04.2023
Institut national pour le patrimoine architectural	oui	
Institut national de recherches archéologiques	oui	21.03.2023
Ville de Dudelange	oui	31.03.2023
Préfecture de la Moselle	oui	17.04.2023
Mairie de Volmerange-les-mines	oui	

Avis du Ministère de l'Environnement du Climat et du Développement durable sur le complément du rapport d'évaluation

Le rapport d'évaluation révisé « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » – complément au rapport EIE » du 15 février 2023, élaboré par le bureau d'études Luxplan S.A. agréé en matière d'EIE (agrément valable jusqu'au 31 octobre 2023) et le bureau d'études Géoconseils S.A. agréé en matière d'EIE (agrément valable jusqu'au 31 mai 2023).

Sur base de ce qui précède, les constats et remarques suivants sont à prendre en compte pour la finalisation du prédit rapport d'évaluation soumis pour avis conformément à l'article 6 de la loi EIE :

1. Généralités

1.1. Pour rappel, l'exploitation définitive de la géothermie n'est pas visée par la présente procédure d'évaluation et sera soumise à une vérification préliminaire spécifique valorisant les résultats de la présente EIE. En plus, il est à noter que chacun des deux forages en phase de reconnaissance est à soumettre à une autorisation individuelle, notamment en matière de gestion de l'eau, de manière à pouvoir valoriser au mieux les résultats du premier forage et de minimiser les incertitudes relatives aux incidences environnementales du deuxième forage.

2. Description du projet

Rien à signaler

3. Evaluation du projet

3.1. Population et santé humaine

Voir l'avis spécifique de l'Administration de l'environnement auquel je me rallie. En outre, je rends attentif à l'avis de la Division de la radioprotection sur les démarches à prendre au cas d'une découverte de matières radioactives dépassant les valeurs X_L y mentionnées.

3.2. Biodiversité

Rien à signaler

3.3. Terre et sol

Rien à signaler

3.4. Eau

Voir l'avis spécifique de l'Administration de la gestion de l'eau auquel je me rallie.

3.5. Climat

Rien à signaler

3.6. Biens matériels/Patrimoine culturel/Paysage

Rien à signaler

3.7. Risques d'accidents majeurs

Rien à signaler

3.8. Effets cumulés

Rien à signaler

3.9. Effets transfrontaliers

Rien à signaler



Administration
de la nature et des forêts

Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

23 MARS 2023

CN Dossier: 96642

Leudelage, 20/03/2023

Concerne : Loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement (EIE)

Dossier 96642– Evaluation du projet « Forages de reconnaissances et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Nelschmelz » » sur le territoire de la commune de Dudelage – demande d'avis sur le complément au rapport d'évaluation

Madame la Ministre,

Suite à votre demande du 13 mars 2023, je me permets de vous transmettre par la présente mon avis sur le complément au rapport d'évaluation du projet sous rubrique.

Dans le courrier référencé n° 96642 du 09.08.2022, le MECDD a mentionné des manquements du rapport EIE et les points où des précisions sont demandées. Le présent rapport supplémentaire aborde les points mentionnés dans ce courrier.

Etant donné qu'aucune information supplémentaire n'a été demandée pour les facteurs tombant dans mon domaine de compétence, un avis sur le complément au rapport d'évaluation ne s'avère pas nécessaire de ma part.

Veuillez agréer, Madame la Ministre, l'expression de mes sentiments distingués.

Le Chef-adjoint de l'Arrondissement
de la nature et des forêts Sud

**Michel
Krischel**

Digitally signed
by Michel Krischel
Date: 2023.03.20
08:57:52 +01'00'

Michel KRISCHEL



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de la gestion de l'eau



Direction
Référence : EAU/EIL/20/0015 - EIE COMPL
Votre référence : 96642
Dossier suivi par : Service autorisations - FGA
Tel : 24556 920
E mail : autorisations@eau.etat.lu

Ministère de l'Environnement, du Climat et
du Développement durable

Madame la Ministre Joëlle Welfring

4, Place de l'Europe
L-1499 Luxembourg

Esch-sur-Alzette, le 04 MAI 2023

Objet : Loi du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement.



**Evaluation du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m
« Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de
Dudelange.**

Demande d'avis sur le complément au rapport d'évaluation (« EIE »).

Madame la Ministre,

En réponse à votre demande d'avis du 13 mars 2023 relative au dossier sous rubrique, veuillez trouver ci-dessous l'avis de l'Administration de la gestion de l'eau.

Volet « assainissement »

Les informations complémentaires fournies sont pertinentes.

Le principe détaillé de gestion des eaux sera à présenter dans le cadre de la demande d'autorisation.

Le cas échéant, également, les informations détaillées concernant les rejets directs dans le cours d'eau seront à fournir. Il est entendu que l'obtention d'une autorisation de rejets au sein d'un cours d'eau sera conditionnée par les résultats des analyses, effectuées en concertation avec l'AGE, qui feront partie intégrante de la demande d'autorisation. Le principe d'un stockage temporaire est également une condition primordiale qui permet d'une part de réaliser les analyses nécessaires et d'autre part de trouver la solution adéquate pour l'évacuation des eaux.

Il est à rappeler que le règlement grand-ducal du 15 janvier 2016 relatif à l'évaluation de l'état des masses d'eau de surface est à respecter.



Volet « eaux souterraines et eau potable »

De très nombreuses informations ont été apportées dans le dossier complémentaire et ont permis de répondre à la plupart des questions soulevées jusqu'à présent sachant que certaines réponses ne pourront être définitivement apportées avant la réalisation du forage de reconnaissance.

Pour les sujets et réponses, qui ne peuvent pas être davantage approfondis tant que le forage de reconnaissance ne sera pas réalisé, des concertations avec les différentes parties sont prévues.

Suite à la lecture de ce nouveau dossier, plusieurs remarques, ci-après, sont encore à formuler.

En ce qui concerne le contrôle de la sismicité

Les informations sont complètes, mais il est important de noter que les débits, pressions d'injection devront être extrêmement bien gérés pour éviter toute sismicité conséquente et que les données de perméabilité sont extrêmement importantes pour pouvoir déterminer ces débits et limiter, voire empêcher, la sismicité.

En ce qui concerne l'assainissement du site

Comme indiqué dans le rapport, un assainissement de la zone où sont prévus les forages est prévu avant leur réalisation. Il n'y a donc plus de remarque à ce sujet.

En ce qui concerne le suivi des données de qualité des différents aquifères

Pour information, il sera demandé dans l'autorisation du forage de reconnaissance que des analyses sur chacun des aquifères traversés soient réalisées et transmises à l'AGE. Comme indiqué dans les rapports, tout devra être mis en place pour empêcher toute mise en contact entre les différents aquifères, qui seront traversés, que ce soit lors des travaux de foration, ou lors de l'exploitation des forages ou encore lors de leur abandon et colmatage dans les règles de l'art.

En ce qui concerne le traitement anti corrosion

Aucune alternative n'utilisant pas d'inhibiteurs de corrosion n'a été présentée, une telle alternative technique est manquante vis-à-vis de la présence d'un aquifère carbonaté. Il est important que de telles alternatives soient également proposées et évaluées.

Des tubages en acier avec des revêtements en époxy ou des systèmes équivalents existent et permettent de s'affranchir de l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion. Ces systèmes n'ont pas été abordés dans le dossier et cette possibilité et les avantages et inconvénients des différentes techniques, qui existent pour éviter de mettre en œuvre des traitements anti corrosion, sont encore à étudier.

Il est important d'analyser d'autres alternatives, en spécifiant les avantages, les inconvénients et les incidences éventuelles pour justifier du choix (impact, coût, fabrication, etc.) de la solution favorisée.

En ce qui concerne la température :

Dans le rapport, il est indiqué que l'exploitation des forages n'entraînera pas de modification des conditions physiques et chimiques des couches géologiques, qui seront exploitées pour la production d'énergie géothermique. Il sera important, notamment pendant la phase d'exploitation des forages, que l'exploitant assure un suivi adéquat afin de prévenir de telles modifications.



Remarque générale

Il est à rappeler que toutes les substances dangereuses pour les eaux souterraines, tel qu'indiqué dans le règlement grand-ducal du 12 décembre 2016 relatif à la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, sont interdites.

Volet « eaux de surface », « zones inondables » et « crues subites »

Vu les informations fournies pas le rapport complémentaire, il n'y a pas de remarques supplémentaires à formuler.

Cependant, dans le cadre de la demande d'autorisation des informations complètes seront à fournir pour les alternatives choisies, notamment pour l'évacuation des eaux extraites des réservoirs géothermiques profonds et l'installation de stockage des eaux thermales pompées.

Il est également à rappeler l'importance de la réalisation du monitoring.

Veuillez agréer, Madame la Ministre, l'expression de ma haute considération.

Jean-Paul Lickes
Directeur



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de l'environnement

Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable
Entré le

- 8 MAI 2023

Ministère de l'Environnement, du Climat et du
Développement durable
Département de l'environnement
4, place de l'Europe
L - 1499 Luxembourg

V/Réf. : 96642

N/Réf. : 842x6e9ba

Dossier suivi par : M Carlo Hippe et Mme Laurence Mausen

Esch-sur-Alzette, le 04 MAI 2023

Concerne : EIE – Avis sur le complément au rapport EIE présenté ;
Projet : Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie
moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange
Maître d'ouvrage : Fonds du Logement

Madame, Monsieur,

Par courrier du 13 mars 2023, le Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable sollicite l'avis de l'Administration de l'environnement sur les informations fournies dans le complément au rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement susmentionné ; rapport élaboré en vertu des dispositions de l'article 6 de la loi du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement. Les informations en question ont été communiquées le même jour par voie électronique.

L'avis qui suit se limite aux domaines de l'environnement suivis par l'Administration de l'environnement tout en considérant les dispositions des articles 3 et 6 de la loi du 15 mai 2018 susmentionnée et de l'annexe III de la même loi. L'avis se réfère au document établi par Luxplan S.A. et intitulé « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » - Complément au rapport EIE - 20200097-LP-ENV ».

D'une façon générale, les observations exprimées dans notre avis du 19 juillet 2022 ont été considérées.

Toutefois, il y a lieu de formuler des observations quant aux points suivants :

Environnement humain - Air

Les émissions gazeuses provenant des eaux souterraines lors du forage et surtout lors du pompage et stockage des eaux souterraines et des boues sont discutées au chapitre 2.5, notamment en considérant l'hydrogène sulfuré (H₂S) contenu dans les eaux souterraines et les boues.



Le chapitre précise que la mise en place des écrans anti-bruit entre le chantier et les zones habitées limitera aussi la propagation des émissions gazeuses vers les zones habitées. Pourtant, cette affirmation n'est pas justifiée par la suite, notamment en ce qui concerne la distance entre le chantier et les zones habitées, la direction des vents dominants et la topographie...

Le rapport recommande de faire un monitoring entre les points d'émissions de l'hydrogène sulfuré et les zones habitées afin de pouvoir appliquer des mesures correctives en cas de dépassements des limites qui pourront causer des nuisances olfactives ou des dangers pour la population. Pourtant, le rapport reste muet quant aux mesures correctives possibles et les seuils limites considérés. Question se pose si les émissions gazeuses pourront être retenues à la source ?

Les mesures correctives à mettre en place en cas d'incidences intolérables sur les zones d'habitation doivent être précisées au plus tard lors des procédures d'autorisation à entamer pour le projet.

Environnement humain - impact sonore

Afin d'évaluer les incidences sonores sur l'environnement humain, le rapport se réfère à l'étude acoustique actualisée (version 2) jointe en annexe 10 du complément au rapport, actualisation réalisée par Luxcontrol S.A.

En ce qui concerne l'étude précitée, il y a lieu d'observer ce qui suit :

- L'étude omet toujours de qualifier l'emplacement même du chantier. En effet, le règlement grand-ducal modifié du 13 février 1979 concernant le niveau de bruit dans les alentours immédiats des établissements et des chantiers fait une distinction entre un chantier situé en agglomération et un chantier situé hors agglomération ;
- Le chapitre 4.3 de l'étude précise que le point IPkt1 (Dudelange, 93, Route de Volmerange) est actuellement déjà impacté par une station-service dont les incidences sonores admissibles sont fixées par l'arrêté ministériel 1/14/0359 délivré en vertu de la loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés. Pourtant, l'étude omet toujours de qualifier les nuisances du chantier de forage en considérant le cumul des incidences sonores ;
- Il est conseillé au chapitre 7 de l'étude de maintenir le hall de l'ancien laminoir pendant les travaux de forage afin de pouvoir limiter les nuisances générées au point IPkt1. Cependant, le chapitre 2.5 du complément au rapport EIE précise que le planning de réaffectation du site Neischmelz prévoit une démolition partielle du bâtiment « laminoir » avant le début du chantier de forage. De ce fait, il est proposé de mettre en place, le cas échéant, des protections anti-bruit. Comme l'étude ne considère pas une telle variante, il est impossible de se prononcer si la mesure proposée peut être considérée comme équivalente à la mesure définie par l'étude acoustique.



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de l'environnement

Autorisations

Considérant que les impacts générés par les travaux de forages et de pompage ainsi que lors du stockage de l'eau souterraine et des boues peuvent occasionner des inconvénients substantiels pour le voisinage ou l'environnement, l'Administration de l'environnement propose de classer le projet sous le point de nomenclature 500301 du règlement grand-ducal modifié du 10 mai 2012 portant nouvelles nomenclature et classification des établissements classés.

Veillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Fabrice POMPIGNOLI



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable
Entré le

21 AVR. 2023

La Ministre de la Santé

à

Madame la Ministre de l'Environnement, du
Climat et du Développement durable

Luxembourg, le 20 avril 2023

Concerne: Evaluation du projet "Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m "Géothermie moyenne profondeur Neischmelz" sur le territoire de la commune de Dudelange - demande d'avis sur le complément au rapport d'évaluation
Réf. : 842xf9f82

Madame la Ministre,

En date du 13 mars vous avez sollicité à la Division de la Radioprotection un avis sur le complément au rapport d'évaluation du projet susmentionné.

Je vous retourne par la présente l'avis demandé et auquel je me rallie.

Veuillez agréer, Madame la Ministre, l'expression de mes salutations très distinguées.



Paulette LENERT
La Ministre de la Santé



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

Direction de la santé

votre référence :
notre référence : JT/dr 23/113

Direction de la Santé

18 AVR. 2023

Transmis

Luxembourg, le 18.4.2023
Direction de la Santé
le Directeur,

Luxembourg, le 18 avril 2023

15 AVR. 2023

Avis en matière de radioprotection au sujet du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » » sur le territoire de la commune de Dudelange

La Division de la Radioprotection a été sollicitée afin d'exprimer son avis en matière de radioprotection au sujet du projet en objet. Nous observons que le dossier soumis représente une nouvelle version d'un projet qui a déjà fait l'objet d'un avis de notre division. Après l'étude du dossier EIE transmis, nous observons que les considérations en matière d'une production éventuelle de déchets radioactifs n'ont guère évoluées depuis la dernière version. Nous aimerions donc dans le présent avis commenter les affirmations relatives à la présence de radioactivité dans les matières extraites lors du forage et réitérer les remarques déjà évoquées dans nos précédents avis.

En effet, le projet en question risque de produire des déchets radioactifs dans deux étapes différentes. La première étant au cours des forages d'exploration. En effet, les eaux pompées, mais également les roches ou boues extraites risquent de dépasser les valeurs en concentration d'activité X_L , telles que définies à l'annexe II, tableau 1, quatrième colonne de la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection. Nous sommes bien conscients qu'il est difficile à ce stade de prévoir la concentration d'activité de ces matières, il nous semble cependant opportun de vous conseiller à continuer à rechercher des situations géologiques similaires et de réaliser des mesures comparatives sur les eaux ou roches s'y trouvant, afin de pouvoir encore mieux apprécier les risques encourus.

Au cas où les études sur les concentrations d'activité des matières extraites ne relèvent pas de dépassement des valeurs X_L , nous n'avons à ce stade pas d'objections à formuler sur l'exécution de forages de reconnaissance. Nous vous demandons cependant de vérifier à chaque étape que les valeurs X_L ne soient pas dépassées ni pour les matières solides ni pour les eaux. Dès que ces valeurs seront dépassées, il faudra se mettre à la recherche de solutions pour les évacuer. Ceci pourra soit être fait en les traitant de déchets radioactifs ou d'envisager éventuellement, selon les valeurs observées, une libération conditionnelle, par exemple sur une décharge pour déchets problématiques.

La nouvelle version du dossier EIE transmise pour avis mentionne au paragraphe 2.4 que les « mesures de contrôle, et la mise en œuvre des actions nécessaires, sont à réaliser par l'entreprise de forage (en direct ou avec un sous-traitant), et être prévue dans le marché relatif au forage ». A ce sujet,



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Ministère de la Santé

Direction de la santé

il est à rappeler qu'il n'existe à ce jour pas de décharge au Luxembourg permettant d'accueillir des déchets radioactifs. Une découverte de matières radioactives dépassant les valeurs X_1 risque donc de mener à une situation dans laquelle la création d'une telle décharge s'avère nécessaire. Cette étape est importante à considérer alors dans le cadre de l'élaboration du marché, comme elle constituera un aspect financier et politique non négligeable.

La deuxième étape, lors de laquelle des déchets radioactifs risquent d'être produits, est la phase d'exploitation. En effet, des filtrages de l'eau ou la production de précipitations dans les échangeurs de chaleurs ou d'autres dépôts dans les installations risquent de dépasser largement les valeurs de libération, comme les radionucléides s'y accumulent fortement. Dans votre dossier EIE vous affirmez au sujet d'autres projets que « Ces mesures sont toutes inférieures aux valeurs X_E de concentration d'activité à des fins d'exemption de la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection. ». Il est à rappeler que les valeurs X_E de concentration d'activité, telles que définies à l'annexe II, tableau 1, deuxième colonne de la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection ne sont pas les valeurs à considérer pour une libération telle que prévu à l'article 51 de cette même loi.

Si la quantité de radionucléides accumulés ne peut être maîtrisée, l'exploitation d'une telle installation ne pourra en aucun cas être autorisée sans que les aspects liés à la gestion des déchets radioactifs produits ne seront résolus. Des démarches pour la création d'une décharge pour matières radioactives devront alors avoir lieu avant qu'une exploitation ne pourra être autorisée.

Par ailleurs, l'établissement mettant en œuvre une telle pratique est à considérer comme établissement de classe III avec toutes les dispositions législatives et réglementaires qui s'imposent, y compris une estimation des doses à recevoir par les travailleurs et le public ainsi que, le cas échéant des mesures mises en place afin de protéger les travailleurs et le public ainsi qu'une surveillance des travailleurs. L'article 60 du règlement grand-ducal du 1^{er} août 2019 relatif à la radioprotection énumère certaines installations pour lesquelles une évaluation plus profonde de l'exposition des travailleurs et du public devra être réalisée. Les installations de production d'énergie géothermique font partie de cette liste.

Jean Claude Thiry
Division de la Radioprotection

Patrick Majerus
Chef de la Division de la Radioprotection



Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable
Entré le

26 AVR. 2023

La Ministre de l'Environnement,
du Climat et du Développement
durable,
4, Place de l'Europe,
L-1499 Luxembourg

V/Réf. : 96642

N/Réf. : 2022-26940-160

Concerne : - Loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement (EIE) Evaluation du projet « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange
- Demande d'avis concernant le champ d'application et le niveau de détail du rapport d'évaluation

Madame la Ministre,

Par courrier reçu le 17 mars 2023, l'Inspection du travail et des mines (ITM) a été saisie d'un avis concernant le projet « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » conformément à l'annexe IV (point 78) du règlement grand-ducal du 15 mai 2018 établissant la liste des projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement en application de la loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement.

Pour l'établissement du présent avis, l'ITM s'est basée sur le document élaboré par le bureau d'études « L.S.C. Engineering Group » et intitulé « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » » portant la référence « 2020097-LP-ENV » y compris ses annexes établis le 15 février 2023.

L'ITM étant dans le cadre de la loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés l'autorité compétente pour la sécurité du public et du voisinage en général ainsi que la sécurité, l'hygiène et la santé sur le lieu de travail, la salubrité et l'ergonomie, n'a à ce stade pas de remarques particulières à faire et les informations reçues dans le cadre du projet « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » peuvent être considérées comme suffisantes.

Nous vous rendons attentifs que le dossier présenté a uniquement été analysé au titre de l'article 7 de la loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement et que le présent avis ne renseigne pas sur l'état du dossier par rapport aux dispositions de loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés.

.../...

Inspection du travail et des mines

Adresse postale: B.P. 27
Bureaux: 3, rue des Primeurs
Site Internet: <http://www.itm.lu>

L-2010 Luxembourg
L-2361 Strassen
Email: contact@itm.etat.lu

Tel.: +352 247-76100
Fax: +352 247-96100

En restant à votre disposition pour toutes informations complémentaires, nous vous prions d'agréer,
Madame la Ministre, l'expression de notre très haute considération.



Marco BOLY
Directeur



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Mobilité
et des Travaux publics

Administration des ponts et chaussées

Bertrange, le 20 avril 2023

N. réf.: RC * GEO - 20220010
V. réf.: 96642

Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable
Service procédures et planification

4, Place de l'Europe
L-1499 Luxembourg

Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable
Entré le

21 AVR. 2023

Concerne: EIE « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange

Objet: Avis sur le complément au rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement

Suite à une demande de la part du Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable en date du 18 mai 2022, le rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement du projet sous rubrique du 28 avril 2022 a été avisé par les autorités ayant des responsabilités spécifiques en matière environnementale, conformément à l'article 7 de la loi EIE.

Faisant suite aux différents avis, un complément au rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement a été établi par la société Luxplan S.A. pour le Fonds du Logement (Référence 20200097-LP-ENV) en date du 15 février 2023.

Suite à la demande de la part du Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable en date du 13 mars 2023, le rapport en question est avisé en ce qui concerne les aspects concernant ou liés au sous-sol (géologie, hydrogéologie, géotechnique, techniques de forage, ...).

Le Service géologique est d'avis que les questions et remarques formulées ont été prises en compte de manière satisfaisante et que le rapport d'évaluation est donc à considérer comme complet et réalisé suivant les règles de l'art. Plus particulièrement, nous sommes d'avis que, compte tenu des incertitudes relativement grandes en ce qui concerne la composition chimique des eaux souterraines profondes, l'évaluation des incidences potentielles du projet sur l'environnement qui seraient liées à ces eaux a été faite de manière raisonnable et avec des marges de sécurité suffisantes.

Tout en restant à votre disposition pour des renseignements supplémentaires, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Robert Colbach
Chargé d'études dirigeant, géologue

Service géologique de l'Etat
Adresse bureau
23, rue du Chemin de Fer
L-8057 Bertrange

Tel. : 352 2846 4500
Fax. : 352 262563 4500

Adresse postale
Boîte postale 17
L-8005 Bertrange
géologie@pchl.etat.lu
pchl.gouvernement.lu www.géologie.lu



* 5 8 2 - 0 1 1 7 9 *

MEV Eval. des incidences environn.

From: Kevin FAUTSCH <Kevin.FAUTSCH@cfl.lu>
Sent: Friday, April 14, 2023 16:03
To: MEV Eval. des incidences environn.
Cc: CONTACT Marc Wengler; Nicolas GAVAGE; SG Commun
Subject: RE: 96642 - Evaluation du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange ? Demande d'avis sur le complément au rapport d'évaluation

⚠ Expéditeur externe au réseau de l'Etat. Voir les consignes de sécurité sur ctie.etat.lu.

Madame Wagner,

Par le présent nous confirmons la bonne réception de votre courriel du 13 mars 2023 au sujet de l'évaluation du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange.

Nous notons que les observations formulées dans notre avis du 15 juillet 2022 ont bien été prises en considération et que des mesures de contrôle seront appliquées lors de l'exécution des forages afin de surveiller l'impact des vibrations sur l'infrastructure ferroviaire.

A cet effet, notre Service Gestion Infrastructure se tient à la disposition du Maître d'Ouvrage pour toute assistance ou conseil dans l'organisation et l'application de ces mesures.

Meilleures salutations,



Kevin FAUTSCH | Secrétaire Général

Chef de division du Secrétaire Général | SG3

Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois

9, Place de la Gare | L-1616 Luxembourg | Bureau 508

T +352 4990 3368

kevin.fautsch@cfl.lu

www.cfl.lu | www.blogcfl.lu | www.jobscfl.lu | www.wearecfl.lu

follow us on [Facebook](#) | [Instagram](#) | [Twitter](#) | [LinkedIn](#) | [Youtube](#)

[We are CFL on Facebook](#) | [We are CFL on Instagram](#)



Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

21 MARS 2023

À Madame Joëlle WELFRING
Ministre de l'Environnement, du Climat et du
Développement durable
c/o Monsieur Charel GLEIS
Ministère de l'Environnement, du Climat et du
Développement durable
4, place de l'Europe
L-1499 Luxembourg

Objet : Loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement (EIE)

**Evaluation du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m « Géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange
Concerne : Avis de l'INRA sur le complément du rapport d'évaluation (conformément à l'art. 7 de la loi précitée)**

Madame la Ministre,

J'ai l'honneur d'accuser réception du dossier référencé en objet, que vous nous avez transmis le 13 mars 2023.

Suite à l'examen de ce dossier, nous constatons que le patrimoine archéologique n'est pas concerné par le complément du rapport d'évaluation. Par conséquent, j'ai l'honneur de vous informer qu'il ne sera pas nécessaire d'y effectuer une opération d'archéologie préventive.

Toutefois, comme aucune investigation scientifique des terrains n'a eu lieu, l'existence de sites archéologiques ne peut pas être entièrement exclue. Pour ces raisons, il est rappelé qu'en cas de découverte fortuite d'éléments du patrimoine archéologique, il y a lieu d'appliquer les articles 16 et 17 de la loi du 25 février 2022 relative au patrimoine culturel.

Je vous prie d'agréer, Madame la Ministre, l'expression de ma haute et respectueuse considération.

Foni Le Brun-Ricalens
Directeur



Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

3 1 MARS 2023

Ministère de l'Environnement, du Climat et
du Développement durable
A l'attn. de Monsieur Charel Gleis
4, Place de l'Europe
L-1499 Luxembourg

Service Protection de l'environnement et Développement durable

Tél. 51.61.21-264

ecologie@dudelange.lu

Dudelange, le 28 mars 2023

Concerne: Avis sur le complément au rapport d'évaluation du projet « Forages de reconnaissance et de réinjection de 1000-2000m « Géothermie moyenne profondeur NeiSchmelz » sur le territoire de la commune de Dudelange

Monsieur,

Faisant suite à votre courrier du 13 mars 2023 (N/Réf: 96642) par lequel vous sollicitez l'avis de la Ville de Dudelange au sujet du projet sous objet, nous avons le plaisir de vous transmettre par la présente notre avis positif.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.


Dan BIANCALANA
bourgmestre


Patrick BAUSCH
secrétaire communal

internet
www.dudelange.lu

e-mail
ville@dudelange.lu

fax
+352 516121-299

téléphone
+352 516121-1

code postal
L-3401 Dudelange

boîte postale
BP 73

Administration de l'environnement
DATE D'ENTRÉE

13 AVR. 2023

Metz, le

11 AVR. 2023

Bureau des enquêtes publiques
et de l'environnement

Affaire suivie par : Isabelle Cuisinier
Tél : 03 87 34 85 49
E-mail : isabelle.cuisinier@moselle.gouv.fr

Madame la Ministre de l'Environnement, du
Climat et du Développement Durable du
Gouvernement du Grand Duché de Luxembourg
Administration de l'environnement
Unité permis et subsides
1 avenue du Rock'n Roll
L-4361 Esch-sur-Alzette

Objet : Installations classées pour la protection de l'environnement.

Projet de « géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la ville de Dudelange. (Luxembourg) – avis sur le complément au rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement - consultation transfrontalière.

Réf : Votre transmission du 16 mars 2023.

Par courrier visé en référence, vous m'avez transmis pour observations, une copie des pièces complémentaires au rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement, déposé le 4 mai 2022, concernant le projet de réalisation de forages de reconnaissance et de réinjection à une profondeur de 1000-2000 m dans le cadre du projet « géothermie moyenne profondeur Neischmelz », sur le territoire de la ville de Dudelange.

Les derniers compléments apportés répondent aux observations formulées dans mon courrier du 22 juin 2022 sur le rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement transmis initialement. Toutefois, il apparaît indispensable que vos services fassent réaliser toutes expertises et études nécessaires pour tenir compte des points de vigilance précédemment mis en exergue :

- sensibilité des opérations dudit projet par rapport au risque sismique ;
- impact thermique de la géothermie sur aquifère ;
- répercussions sur la durée de vie de l'installation ;
- interférences entre les sites géothermiques existants.

Prix en double,

Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

17 AVR. 2023

Pour le préfet,
le secrétaire général,


Richard Smith

Copie au sous-préfet de Thionville



**PRÉFET
DE LA MOSELLE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Administration de l'environnement
DATE D'ENTRÉE

13 AVR. 2023

**Secrétariat général
Direction de la coordination et de
l'appui territorial**

Metz, le **22 JUIN 2022**

Bureau des enquêtes publiques
et de l'environnement

Affaire suivie par : Isabelle Cuisinier
Tél : 03 87 34 85 49
E-mail : isabelle.cuisinier@moselle.gouv.fr

Madame la Ministre de l'Environnement, du Climat et
du Développement Durable du Gouvernement du
Grand Duché du Luxembourg
Administration de l'environnement
Unité permis et subsides
1 avenue du Rock'n Roll
L-4361 Esch-sur-Alzette

Objet : Installations classées pour la protection de l'environnement.

Projet de « géothermie moyenne profondeur Neischmelz » sur le territoire de la ville de Dudelange.
(Luxembourg) – avis sur le rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement – contexte
transfrontière.

Réf : Votre transmission du 18 mai 2022.

Par courrier visé en référence, vous m'avez transmis pour avis, le rapport d'évaluation des incidences sur
l'environnement relatif au projet de réalisation de forages de reconnaissance et de réinjection à une
profondeur de 1000-2000 m dans le cadre du projet « géothermie moyenne profondeur Neischmelz »,
sur le territoire de la ville de Dudelange.

L'étude par mes services dudit rapport d'évaluation répond à la plupart des remarques formulées dans
mon courrier du 16 novembre 2020 suite à la vérification préliminaire de l'impact transmis le 7
septembre 2020, notamment par ses annexes 6 et 7 concernant la sismicité induite et design des
forages.

Suite à la lecture de ce dernier document, je souhaite néanmoins porter à votre connaissance l'analyse
détaillée des observations qui suivent.

Par ailleurs, il serait également opportun de préciser l'objet exact de ce dossier à savoir s'il s'agit
uniquement d'une évaluation de l'incidence d'un projet de reconnaissance et qu'une étude d'incidence
de l'exploitation suivra, ou s'il s'agit d'ores et déjà du dossier global et définitif.

Concernant la sismicité induite :

Comme évoqué à l'annexe 6 « Note Technique Sismique 2022 » du rapport il est vrai que l'injection de
fluides dans les roches sédimentaires visées par le présent projet est moins sismogénique que dans des
roches cristallines. Cela dit, le risque sismique ne peut être totalement écarté et dépend notamment de
la configuration géologique et des paramètres d'injectivité (perméabilité).

Dans le cas présent, la présence de failles proches des puits est un élément favorable à la survenue
d'événements sismiques pouvant être ressentis en surface, notamment lors des phases de test
d'injection et non pas uniquement lors du forage. Pour mieux identifier, évaluer et surveiller ce risque il
est prévu de réaliser une campagne de prospection géophysique ainsi que de mettre en place un réseau
de surveillance sismique avant le début du chantier et pendant les opérations de foration.

Ces mesures sont en effet nécessaires mais comment sera traitée l'information ainsi obtenue sur la localisation des failles ? Au regard de leur configuration quelles mesures, précautions, décisions seront mises en œuvre dans le cadre du projet, notamment en fonction de la caractérisation du potentiel de réactivation de ces failles ?

Sans aller jusqu'à la mise en place d'un système de feux de signalisation prédictif, les données géologiques, hydrauliques et de surveillance sismique, ainsi obtenues, pourraient être utilisées dans le cadre d'un simple TLS (Traffic Light System) afin d'aider au pilotage de la phase de développement (tests, essais d'injectivité) et de la phase d'exploitation en ajustant en quasi-temps réel les paramètres opérationnels tels que le débit et la pression d'injection en fonction de la sismicité enregistrée par le réseau de surveillance.

En fonction des opérations prévues et de leur sensibilité par rapport au risque sismique, le réseau de surveillance permanent pourra être utilement renforcé par un réseau de surveillance temporaire.

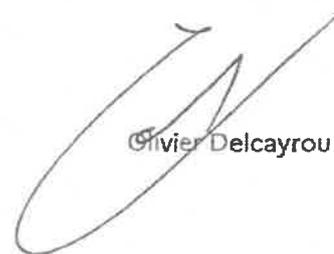
Concernant le périmètre du réservoir et les effets cumulatifs :

L'impact thermique est l'un des principaux impacts de la géothermie sur aquifère et peut avoir des répercussions à différents niveaux :

- au niveau du doublet lui-même en influant directement sur la durée de vie de l'installation (diminution du potentiel thermique du réservoir) ;
- au niveau des caractéristiques de l'eau de l'aquifère par modification de sa température, et plus particulièrement en cas d'effets cumulatifs avec d'autres projets ;
- au niveau de l'influence du présent projet sur des installations géothermiques existantes.

Ces aspects sont brièvement abordés à l'annexe 7b du dossier mais les éléments fournis ne sont pas suffisamment précis pour déterminer l'influence thermique des installations et ainsi connaître le périmètre du réservoir exploité. Ces éléments ne sont probablement pas encore définis au regard du stade d'avancement du projet (reconnaissance), et aux incertitudes sur la cible géothermale finale, mais devront être disponibles par la suite (modélisation), afin notamment d'évaluer au mieux les enjeux susmentionnés (durée de vie de la boucle géothermale, effets cumulés, interférences entre sites).

Pour le préfet et par délégation,
le secrétaire général,



Olivier Delcayrou

Copie au sous-préfet de Thionville

**Annexe 20200097_ EIE Forages dereconnaissance et de réinjection de 1000-
2000 m« Géothermie moyenne profondeur Neischmelz »
Second complément au rapport EIE-02
Note rédigée par Géofluid relative aux applications de matériaux
composites en géothermie en Ile-de-France**

APPLICATIONS (REVISITEES) DES MATERIAUX COMPOSITES EN GEOTHERMIE ILE-DE-FRANCE

1. HISTORIQUE-REVUE DES SITES

La Région Ile-de-France représente le principal sinon le seul champ d'application des matériaux composites (MC) en exploitation géothermique.

Villeneuve-la-Garenne (1976)

- Maître d'ouvrage : Compagnie Française de Raffinage (CFR)
- Maître d'œuvre : TOTAL

Le groupe CFP/TOTAL a contribué à la mouvance innovatrice des années 1970, inaugurée par la réalisation (1971) du premier doublet géothermique de chauffage urbain sur le site désormais emblématique de Melun l'Almont, par le forage et la complétion en MC des puits (forés en déviation – angle moyen 35° à partir d'une plateforme unique) équipés comme suit :

- *Puits producteur* : une chambre de pompage 13"3/8, tubée acier, télescopée sur un tubage producteur MC 7" cimenté ;
- *Puits injecteur* : un tubage injecteur MC 7".

Après abandon en 1978 de la production assistée par électropompe, l'exploitation s'est poursuivie en mode de production artésien (# 50 m³/h sous une pression en tête de puits de 2 bars). L'exploitation a cessé, pour des raisons essentiellement économiques et financières, et les puits ont été rebouchés (cimentation). Aucune information, à notre connaissance, n'a filtré sur l'état du matériau (MC), quelque 20 ans après sa mise en service, pour autant que les opérateurs s'en soient souciés, manque de curiosité rédhibitoire.

La Courneuve Sud (1992)

- Maître d'ouvrage : Syndicat Mixte (SMGC)
- Maître d'œuvre : GPC

La chambre de pompage 13"3/8 du puits de production (GCL1), endommagée dans sa partie inférieure, à fait l'objet en 1990 d'un rechemisage partiel, de 338 à 510 m/sol, par un *liner* (colonne perdue) MC 9"5/8, équipé à sa base d'un anneau de cimentation *innerstring* et à sa partie supérieure d'un raccord gauche (permettant une connexion au tubage sus-jacent dans l'éventualité d'un rechemisage ultérieur).

Le contrôle de cimentation de l'annulaire 13"3/8 (acier) / 9"5/8 (MC) a été effectué au moyen d'une diagraphie différée de température, exploitant les propriétés exothermiques de la prise du laitier ciment, mise en œuvre également sur les puits de Villeneuve-la-Garenne.

Au mois de décembre 2003, la décision de procéder au rechemisage total de la chambre de pompage 13"3/8 (et de perpétuer l'exploitation en mode artésien) par un tubage acier 10"3/4, a permis de récupérer deux longueurs (# 20 m) de tubages, sous le raccord gauche supérieur, non cimentés (les 200 m sous jacents, totalement cimentés, ont été détruits par fraisage).

L'état, à l'issue de 13 années de fonctionnement, des deux tubes MC remontés au jour était quasiment intact au vu des clichés de la fig. 1. On constate, sur cette dernière, la présence sur l'extrados du tubage MC, exposé à l'eau géothermale dans une zone stagnante quasi-statique, soit un environnement particulièrement corrosif, la décalcomanie demeurée intacte du logo du manufacturier.

Melun l'Almont (1995)

- Maître d'ouvrage : STHAL
- Opérateur (clés en main) : SEDCO-FOREX
- Maître d'œuvre : GPC

Cette opération, résumée en fig. 2, conclue fin février 1995, concrétise la première application du concept de puits anti-corrosion (brevet n° 90.02206), associant tubages de soutènement acier et colonne de production/injection en matériaux composites à annulaire libre, décrit par ailleurs.

Cet ouvrage (puits PM4), dont le coût minier (incluant les fournitures et prestations du groupement SEDCO-FOREX/GPC) s'est élevée à 16 MF (valeur Février 1995), a été réalisé toutes opérations de forage/complétion/instrumentations/essais confondues en vingt-huit jours calendaires (28 jc). Il a été exploité depuis, sans interruption ni intervention puits aucune.

2. CONCEPT DE PUIITS ANTICORROSION

L'ouvrage décrit en fig. 3 comprend :

- Des tubages de soutènement acier cimentés jusqu'au toit du réservoir géothermal supposé, dans le cas présent, produit en découvert ;
- Une colonne de production mixte en matériaux composites – résine époxy armée fibre de verre type E à double enroulement filamenteux et nappe de renfort axial – dont les caractéristiques (diamètre 9"5/8) sont consignées dans le tableau 1 ; la partie supérieure de la colonne fait office de chambre de pompage, compatible avec l'utilisation de groupes électropompes immergés, de diamètre 7"1/4 (184,15 mm) ; elle est posée en compression sur un siège/réceptacle, les dilatations induites par les variations de température étant reprises en surface au moyen d'une manchette d'expansion disposée en tête de puits ; la partie inférieure est suspendue sous son poids propre et coulisse librement le long de son axe ; la colonne est centrée par des centreurs multi-lames, également en matériaux composites, et non par les manchons comme cela a pu être observé dans certaines applications ;
- Un annulaire à jeu faible (de l'ordre de 20 mm) maintenu libre, faculté qui est exploitée pour la circulation d'agents inhibiteurs pour la protection des tubages acier et des installations de surface.

Les limites d'utilisation se situent, pour les produits standards, à des pressions et températures de service de 138 bars et 95°C et une inclinaison de puits n'excédant pas 40° (35° recommandé). Les matériaux utilisés sont compatibles avec l'injection d'acide chlorhydrique dilué à 15%, avec la présence de gaz (CO₂, CH₄, H₂S) libres et dissous, et de saumures concentrées. En revanche, ils excluent tout contact avec certains solvants organiques (acétone en particulier) et l'acide fluorhydrique. Les avantages de cette complétion, jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre 3 000 m, sont manifestes aux plans de la résistance à la corrosion et des longévités d'ouvrage, ces dernières étant singulièrement augmentées par la possibilité de relever, et de remplacer, si besoin, la colonne composite sans nécessité de procéder au reforage d'un nouveau puits.

Ces avantages compensent largement, au regard de la durée de vie utile de l'ouvrage et des coûts de maintenance, le surcoût initial d'investissement par rapport à un ouvrage conventionnel.

Diamètre	Nominal (")	9"5/8
Température	Maximale (°C)	95
Pression d'éclatement	Limite d'utilisation (bars)	140
	Epreuve (bars)	205
	Coefficient de sécurité	1,5
	Epreuve (ASTM D-1599)	335
	Coefficient de sécurité	2,4
Tension	Limite d'utilisation (tonnes)	73
	Epreuve (bars)	95
	Coefficient de sécurité	1,3
Ecrasement	Limite d'utilisation (bars)	155
	Epreuve (ASTM D-1599)	330
	Coefficient de sécurité	2,1
Caractéristiques nominales	Diamètre intérieur (mm)	196,85
	Diamètre intérieur minimum calibré (mm)	195,33
	Diamètre extérieur (mm)	231,14
	Epaisseur (mm)	17,27
	Masse linéique (kg/m)	24,67
	Longueur (m)	9,15 m nominal API range 2, (8,55 à 9,75 m)
Fixation	Diamètre manchon (mm)	302,26
	Diamètre du renflement mâle (mm)	245,11
	Diamètre filetage (mm)	244,48
	Filetage (mm)	API 8 RD
Coefficients d'élasticité	Circonférentiel (10 ⁵ bars)	3,45
	Axial (10 ⁵ bars)	2,05
	Coefficient de Poisson	0,22
Paramètres physiques	Masse volumique (kg/m ³)	3 380
	Conductivité thermique (W/m°C)	0,35
	Coefficient de dilatation axial (cm/cm/°C)	1,710 10 ⁻⁶
Paramètres d'écoulement	Rugosité (mm)	0,0015
	Coefficient d'Hazen Williams (c)	150

Tableau 1: Caractéristiques des produits tubulaires composites haute pression utilisés à Melun l'Almont (source : Fiberglass Systems, Inc)

3. DISCUSSION

Les trois applications probatoires réalisées en région parisienne permettent de dégager les enseignements suivants.

(i) la version à annulaire terrain / tubage MC cimenté comporte des risques d'endommagement à terme de l'extrados du MC et de déstructuration par « perlage » du matériau, comme cela a pu se vérifier en d'autres circonstances (collectes de surface et puits non protégés, en contact direct, partiel ou total, avec sols et formations). Elle doit donc être écartée dans une perspective de longévité d'ouvrage et de développement durable de l'exploitation.

(ii) la variante à annulaire tubage acier / tubage MC cimenté doit de ce point de vue lui être préférée, s'agissant du rechemisage, de préférence total, d'ouvrages endommagés comme l'atteste l'expérience de La Courneuve Sud. Cet essai fournit par ailleurs une information de première main sur l'intégrité du matériau exposé au fluide géothermal en conditions dynamiques et statiques après treize années de service continu.

(iii) l'essai transformé de Melun l'Almont valide l'application du MC à la conception et la complétion de puits neufs, si l'on en juge par la préservation de l'intégrité de l'ouvrage près de quinze ans après sa mise en service et une exploitation continue à débits élevés (égaux sinon supérieurs à 200 m³/h). Fait assez rare pour être signalé, aucun indice d'endommagement ni de baisses de productivité n'a été enregistré à la différence de la plupart des ouvrages géothermiques d'Ile-de-France, qui ont connu au moins une intervention lourde (*workover*) de réparation (curage, rechemisage).

L'utilisation de l'annulaire libre aux fins d'injection d'agents inhibiteurs de corrosion/dépôts assure une double protection, celle du tubage de soutènement acier vis-à-vis de la corrosion, sécurisant ainsi une longévité estimée largement supérieure à 25 ans, et celle du tubage composite contre les dépôts et incrustations éventuels, risque qu'on ne peut écarter a priori, en dépit de l'absence d'affinité chimique du matériau pour les fluides au contact et de sa nature hydrauliquement lisse.

A cet égard la possibilité, parfois contestée, d'utilisation de garnitures de nettoyage/curage (jettage de tubages, reforage de découverts) est parfaitement envisageable moyennant certaines précautions opératoires : descente sans rotation de garnitures, équipées de protecteurs de tiges, de lames de stabilos et de moteurs hydrauliques de fond (turbines) assurant la rotation de l'outil.

Last but not least il a été reproché au puits anti-corrosion des surcoûts miniers dissuasifs. Les éléments de comparaison qui suivent permettent de ramener cette appréciation à de plus justes proportions. Le coût du puits PM4 de Melun l'Almont, on l'a vu, s'est élevé à 16 MF (valeur février 1995) soit un montant actualisé (février 2009) au taux de l'inflation générale de 3,06 M€ porté, compte tenu de la surchauffe du marché des services pétroliers, de 2005 à 2008, à hauteur de 5,08 M€ valeur proche d'une estimation récente sur un site géothermique de région parisienne : 5,35 M€ contre 4,65 M€ pour sa contrepartie acier soit un surcoût, par rapport à un ouvrage conventionnel, de 15%. Il serait juste d'ajouter que ce surcoût est compensé par les économies réalisées, en phase d'exploitation, sur les coûts d'opération maintenance, en particulier sur les postes diagraphies différées d'inspection, inhibition chimique et, incidence non négligeable, les provisions pour *workovers* de réparation.

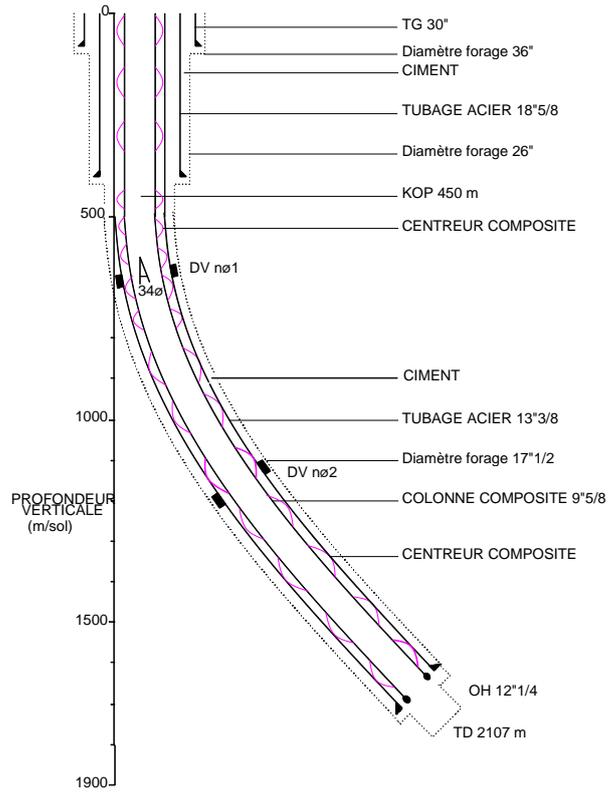
Cette technologie, qui sécurise une intégrité et une longévité accrues des ouvrages, s'inscrit dans une perspective de développement durable bénéfique aux opérateurs et à la collectivité.

REFERENCES

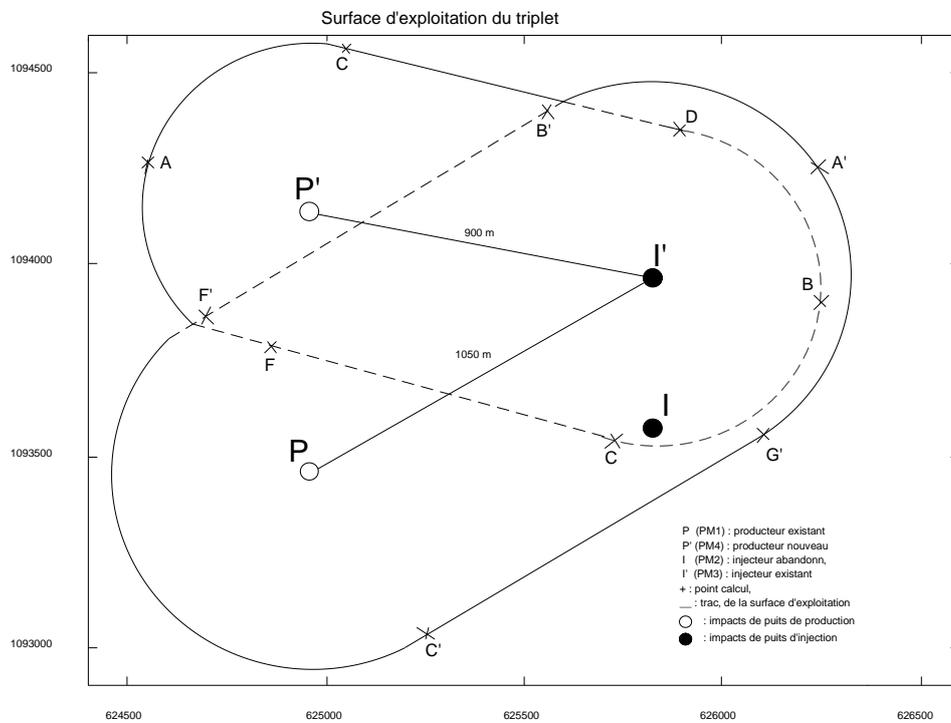
- Anglès P.J. (1979). *Fiberglass Casing Used in Corrosive Geothermal Wells*. Oil and Gas Journal, 1979, Oct. 15.
- Ungemach, P. and Turon, R. (1988). *Geothermal Well damage in the Paris Basin. Review of Existing Workover and Inhibition Procedures*. Soc. Pet. Eng. Meeting on Well and Formation Damage, Bakersfield, Ca, 7-8 Feb. 1988. SPE paper n°17165, pp. 265-276.
- United States Patent Office (1993). Ungemach, P. et al. *Device for Protecting Wells from Corrosion or Deposits Caused by the Nature of the Fluid Produced on Located therein*. Patent number 5,228,509. Filed July 20, 1993.
- Ungemach, P. (1995). *A New Geothermal Well Concept*. IGA News. Newsletter of the Int. Geoth. Ass., Quaterly n°20, Jan-March 1995, pp. 12-13.
- Ungemach, P. et Turon, R. (1996). *Un Nouveau Concept de Puits Anti-Corrosion*. Revue L'Eau, L'industrie, Les Nuisances, n°191, pp. 40-43.
- Antics, M., Papachristou, M., and Ungemach P. (2005). *Sustainable Heat Mining. A Reservoir Engineering Approach*. Proc. 30th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University. Stanford, California, Jan. 31 – Feb. 2, 2005. Paper SGP-TR-176.



Figure 1: Tubes (9"5/8) en matériaux composites remontés au jour après 13 ans de service (puits de production GLCS1 de La Courneuve Sud) (source : GPC IP).



a) Coupe technique simplifiée du puits de production



b) Triplet de puits

Figure 2 : Puits de production en matériaux composites PM4 de Melun l'Almont (source : GPC).

PUITS TUBE ACIER/COMPOSITES COMBINED STEEL CASING/FIBER GLASS LINING WELL

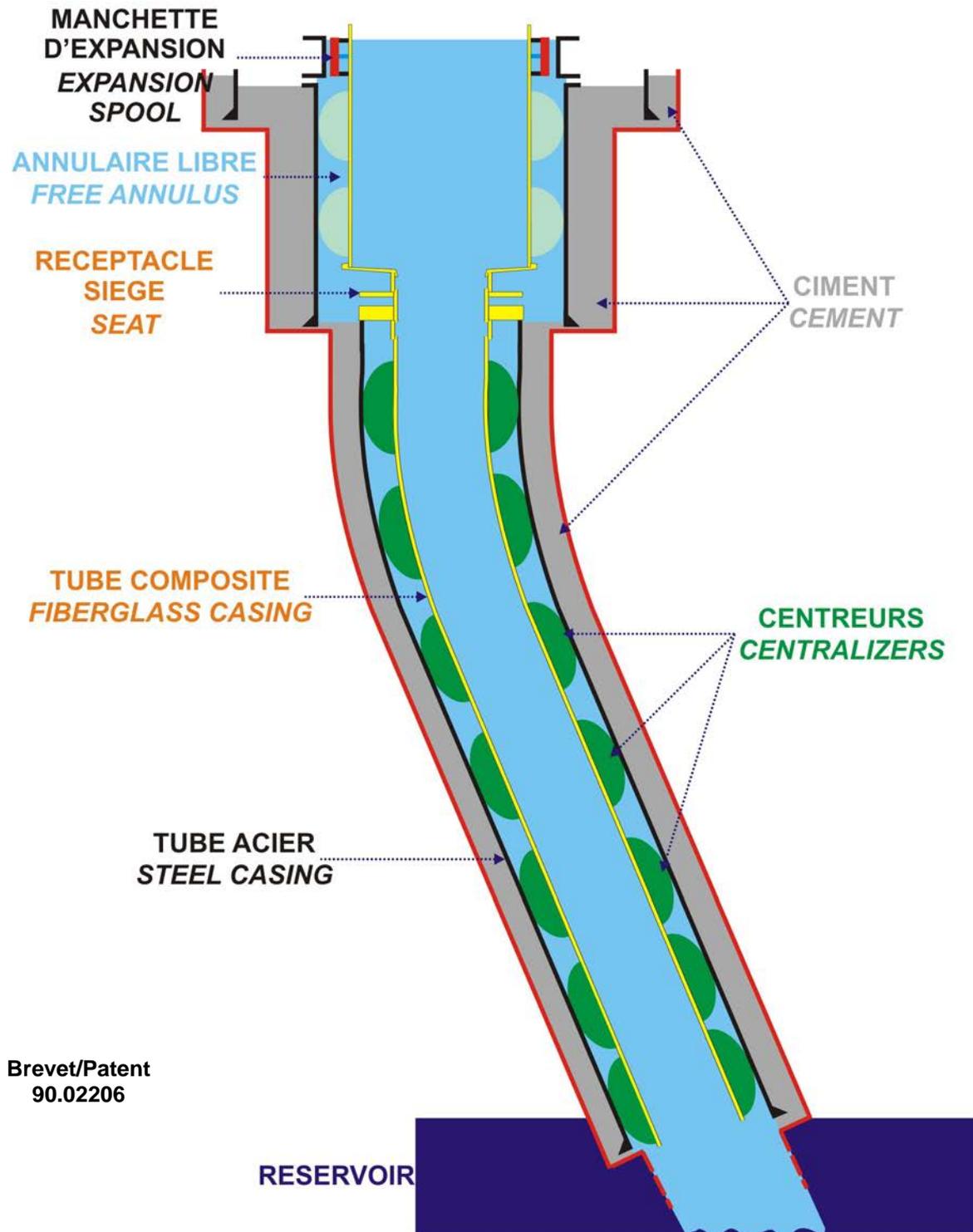


Figure 3 : Concept de puits géothermique anti-corrosion (source : GPC IP)

Annexe 20200097_ EIE Forages dereconnaissance et de réinjection de 1000-2000 m« Géothermie moyenne profondeur Neischmelz »

Second complément au rapport EIE-03

Extraits de l'inventaire des déchets radioactifs de l'ANDRA, sites alsaciens, période 2013 - 2021

KUTZENHAUSEN

ETABLISSEMENT: GEIE EXPLOITATION MINIERE DE LA CHALEUR

EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est

DÉPARTEMENT: BAS-RHIN

COMMUNE: KUTZENHAUSEN

Site de géothermie profonde comprenant 3 forages à 5000 mètres de profondeur dans le socle granitique

Les particules radioactives extraites sont issues des particules restantes de forage. Cette radioactivité est issue des isotopes présents naturellement dans le granite (226Ra, 210Pb...)

Les sources sont des sources non scellées, collectées par les purges des filtres et lors du nettoyage des équipements de surface (dépôts pouvant éventuellement être présent dans les échangeurs de chaleur, tuyauteries,...)

L'installation est suivie par l'ASN Strasbourg et la DREAL Alsace

Données déclarées au 31/12/2013

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
Eléments solides et stables	0,708	-		TFA	TFA
Solide et stables : radioactivité très faible	0,012	-		TFA	TFA

ETABLISSEMENT: GEIE EXPLOITATION MINIERE DE LA CHALEUR

EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est

DÉPARTEMENT: BAS-RHIN

COMMUNE: KUTZENHAUSEN

Site de géothermie profonde comprenant 3 forages à 5000 mètres de profondeur dans le socle granitique

Les particules radioactives extraites sont issues des particules restantes de forage. Cette radioactivité est issue des isotopes présents naturellement dans le granite (226Ra, 210Pb...)

Les sources sont des sources non scellées, collectées par les purges des filtres et lors du nettoyage des équipements de surface (dépôts pouvant éventuellement être présent dans les échangeurs de chaleur, tuyauteries,...)

L'installation est suivie par l'ASN Strasbourg et la DREAL Alsace

Données déclarées au 31/12/2014

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
1. DÉCHETS ISSUS DU NETTOYAGE DES CANALISATIONS					
a. Déchets issus de la désintégration d'éléments de la chaîne de l'Uranium					
Eléments solides et stables	0,708	-		TFA	TFA
2. DÉCHETS ISSUS DES EPI DES OPÉRATIONS DE NETTOYAGE DES TYAUTERIES					
a. combinaison en tissus, aucune particule métallique					
Solide et stables : radioactivité très faible	0,012	-		TFA	TFA

ETABLISSEMENT: GEIE EXPLOITATION MINIERE DE LA CHALEUR
EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est
DÉPARTEMENT: BAS-RHIN
COMMUNE: KUTZENHAUSEN

Site de géothermie profonde comprenant 3 forages à 5000 mètres de profondeur dans le socle granitique

Les particules radioactives extraites sont issues des particules restantes de forage. Cette radioactivité est issue des isotopes présents naturellement dans le granite (226Ra, 210Pb...)

Les sources sont des sources non scellées, collectées par les purges des filtres et lors du nettoyage des équipements de surface (dépôts pouvant éventuellement être présent dans les échangeurs de chaleur, tuyauteries,...)

L'installation est suivie par l'ASN Strasbourg et la DREAL Alsace

Données déclarées au 31/12/2015

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
1. DÉCHETS ISSUS DU NETTOYAGE DES CANALISATIONS					
a. Déchets issus de la désintégration d'éléments de la chaîne de l'Uranium et du thorium					
Eléments solides et stables	0,708	-	²²⁶ Ra, U, Th	TFA	TFA
2. DÉCHETS ISSUS DES EPI DES OPÉRATIONS DE NETTOYAGE DES TYAUTERIES					
a. combinaison en tissus, masques P3, gants cuir et latex, aucune particule métallique					
Solide et stables : radioactivité très faible	0,012	-	⁵⁵ Fe, ⁶⁰ Co, ⁶³ Ni, ^{110m} Ag, ¹³⁷ Cs, ⁵⁸ Co	TFA	TFA

ETABLISSEMENT: GEIE EXPLOITATION MINIERE DE LA CHALEUR
EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est
DÉPARTEMENT: BAS-RHIN
COMMUNE: KUTZENHAUSEN

Site de géothermie profonde comprenant 3 forages à 5000 mètres de profondeur dans le socle granitique
 Les particules radioactives extraites sont issues des particules restantes de forage. Cette radioactivité est issue des isotopes présents naturellement dans le granite (226Ra, 210Pb...)
 Les sources sont des sources non scellées, collectées par les purges des filtres et lors du nettoyage des équipements de surface (dépôts pouvant éventuellement être présent dans les échangeurs de chaleur, tuyauteries,...)

L'installation est suivie par l'ASN Strasbourg et la DREAL Alsace

Données déclarées au 31/12/2016

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
1. DÉCHETS ISSUS DU NETTOYAGE DES CANALISATIONS					
a. Déchets issus de la désintégration d'éléments de la chaîne de l'Uranium et du thorium					
Eléments solides et stables	0,708	-	²²⁶ Ra, U, Th	TFA	TFA
2. DÉCHETS ISSUS DES EPI DES OPÉRATIONS DE NETTOYAGE DES TYAUTERIES					
a. combinaison en tissus, masques P3, gants cuir et latex, aucune particule métallique					
Solide et stables : radioactivité très faible	0,012	-		TFA	TFA

ETABLISSEMENT: GEIE EXPLOITATION MINIERE DE LA CHALEUR

EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est

DÉPARTEMENT: BAS-RHIN

COMMUNE: KUTZENHAUSEN

Site de géothermie profonde comprenant 3 forages à 5000 mètres de profondeur dans le socle granitique

Les particules radioactives extraites sont issues des particules restantes de forage. Cette radioactivité est issue des isotopes présents naturellement dans le granite (226Ra, 210Pb...)

Les sources sont des sources non scellées, collectées par les purges des filtres et lors du nettoyage des équipements de surface (dépôts pouvant éventuellement être présent dans les échangeurs de chaleur, tuyauteries,...)

L'installation est suivie par l'ASN Strasbourg et la DREAL Alsace

Données déclarées au 31/12/2017

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
1. DÉCHETS ISSUS DU NETTOYAGE DES CANALISATIONS					
a. Déchets issus de la désintégration d'éléments de la chaîne de l'Uranium et du thorium					
Eléments solides et stables	1,4	-		FA-VL	DIV6
2. DÉCHETS ISSUS DES EPI DES OPÉRATIONS DE NETTOYAGE DES TYAUTERIES					
a. combinaison en tissus, masques P3, gants cuir et latex, aucune particule métallique					
Solide et stables : radioactivité très faible	0,4	-		TFA	TFA

ETABLISSEMENT: GEIE EXPLOITATION MINIERE DE LA CHALEUR

EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est

DÉPARTEMENT: BAS-RHIN

COMMUNE: KUTZENHAUSEN

Site de géothermie profonde comprenant 3 forages à 5000 mètres de profondeur dans le socle granitique

Les particules radioactives extraites sont issues des particules restantes de forage. Cette radioactivité est issue des isotopes présents naturellement dans le granite (^{226}Ra , ^{210}Pb ...)

Les sources sont des sources non scellées, collectées par les purges des filtres et lors du nettoyage des équipements de surface (dépôts pouvant éventuellement être présent dans les échangeurs de chaleur, tuyauteries,...)

L'installation est suivie par l'ASN Strasbourg et la DREAL Alsace

Données déclarées au 31/12/2021

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
1. DÉPÔTS ISSUS DU NETTOYAGE DES PIÈCES					
a. Dépôts originaire de la ferraille contaminée					
Dépôts originaire de la ferraille contaminée	2	-	^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{210}Po	FMA-VC	DIV3
b. Dépôts originaire des séparateurs					
Dépôts originaire des séparateurs	3	-	^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{210}Po	FMA-VC	DIV3
2. EPI CONTAMINÉS (LAVAGE, MAINTENANCE,...)					
EPI contaminés	1	-	^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{210}Po	TFA	TFA

ETABLISSEMENT: ES GEOTHERMIE
EXPLOITANT: Industrie

RÉGION: Grand Est
DÉPARTEMENT: BAS-RHIN
COMMUNE: RITTERSHOFFEN

Données déclarées au 31/12/2021

Nature des déchets	Volume déclaré (en m ³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)	Radionucléides	Catégorie	Famille
1. DÉPÔTS ORIGINAIRE DE LA FERRAILLE CONTAMINÉE					
Dépôts ferraille	0,05	-	²¹⁰ Pb, ²²⁶ Ra, ²¹⁰ Po	FMA-VC	DIV3
2. EPI CONTAMINÉS					
EPI contaminés	0,6	-	²¹⁰ Pb, ²²⁶ Ra, ²¹⁰ Po	TFA	TFA