

Projet de géothermie de la Croix-Rouge à Colpach

Forage de reconnaissance hydrogéologique

Compte-rendu des travaux

N° de référence	20233403-GC-HYDROGEOL-G001	
Suivi	Nom	Date
Rédigé par	Olivier WIESEMES	18/03/2025
Vérifié par	Laurence PLÈNECASSAGNE	19/03/2025

Modifications

Indice	Description	Modifié par	Date



Table des matières

1	Contexte et objectif	4
2	Présentation du site	4
2.1	Localisation.....	4
3	Géologie	5
4	Forage de reconnaissance	8
4.1	Observations lors des travaux	8
4.2	Lithologie rencontrée	8
4.3	Rebouchage du trou	8
5	Pompages d'échantillonnage.....	9
5.1	Pompages d'évaluation	9
5.2	Pompages d'échantillonnages	9
6	Synthèse chimique	11
7	Interprétation des résultats et discussion	12
8	Remarques finales.....	13
9	Références.....	14

Liste des figures

Figure 1. Extrait de la carte topographique et orthographique de la zone d'étude.....	4
Figure 2. Extrait de la carte géologique harmonisée du Luxembourg.....	5
Figure 3 : Évolution latérale des faciès du Trias d'est en ouest (figure extraite de (2)).....	7
Figure 4. Niveau dynamique de la nappe du FCC1 en cours du pompage.....	9
Figure 5. Diagramme Piper des analyses réalisées sur le FCC1.....	11

Liste des tableaux

Tableau 1. Description des principaux faciès lithologiques rencontrés dans le secteur d'étude (1).....	6
Tableau 2. Résumé des résultats des mesures In-Situ lors des pompages d'échantillonnages.	10

1 Contexte et objectif

Dans le cadre de la rénovation de son site du château à Colpach-bas, la Croix-Rouge souhaite se tourner vers la géothermie. Des consultations avec l'Administration de la Gestion de l'Eau (AGE) ont abouti à la nécessité de réaliser un forage de reconnaissance préliminaire afin de vérifier si les nappes du Muschelkalk et du Buntsandstein constituent deux nappes distinctes au droit du projet. La configuration hydrogéologique au droit du site conditionnera en effet la profondeur des sondes géothermiques accordées par l'AGE.

2 Présentation du site

2.1 Localisation

Le site est situé entre les villages Colpach-Bas et Colpach-Haut. L'implantation du point de forage a été réalisée par GPS :

Nom du forage	Est (LUREF)	Nord (LUREF)	Z [mnN]
FCC1	55130,7 m	92173,0 m	298,15 m

La localisation du FCC1 est présentée à la Figure 1.



Figure 1. Extrait de la carte topographique et orthographique de la zone d'étude.

3 Géologie

La zone d'étude appartient à la région naturelle du Gutland dont la géologie est caractérisée par une succession de dépôts sédimentaires mésozoïques reposant en discordance sur le socle schisteux dévonien. Ces couches sédimentaires ont été déposées en périphérie du Bassin parisien et présentent un pendage régional vers le sud-ouest. Dans cette région, l'alternance de couches sédimentaires résistantes (grès et calcaires) et de couches tendres (argiles) ainsi que le léger pendage régional ont mené à la formation d'un paysage de cuestas caractérisé par des côtes à pentes raides vers le nord et des versants à pente douce vers le sud.

D'après la carte géologique harmonisée du Luxembourg (1), le site se situe sur le s-m, donc sur les couches du Muschelkalk et du Buntsandstein indifférenciés. Ces couches sont couvertes par une faible couche d'alluvions du ruisseau « Koublich ». La situation géologique est représentée à la Figure 2.

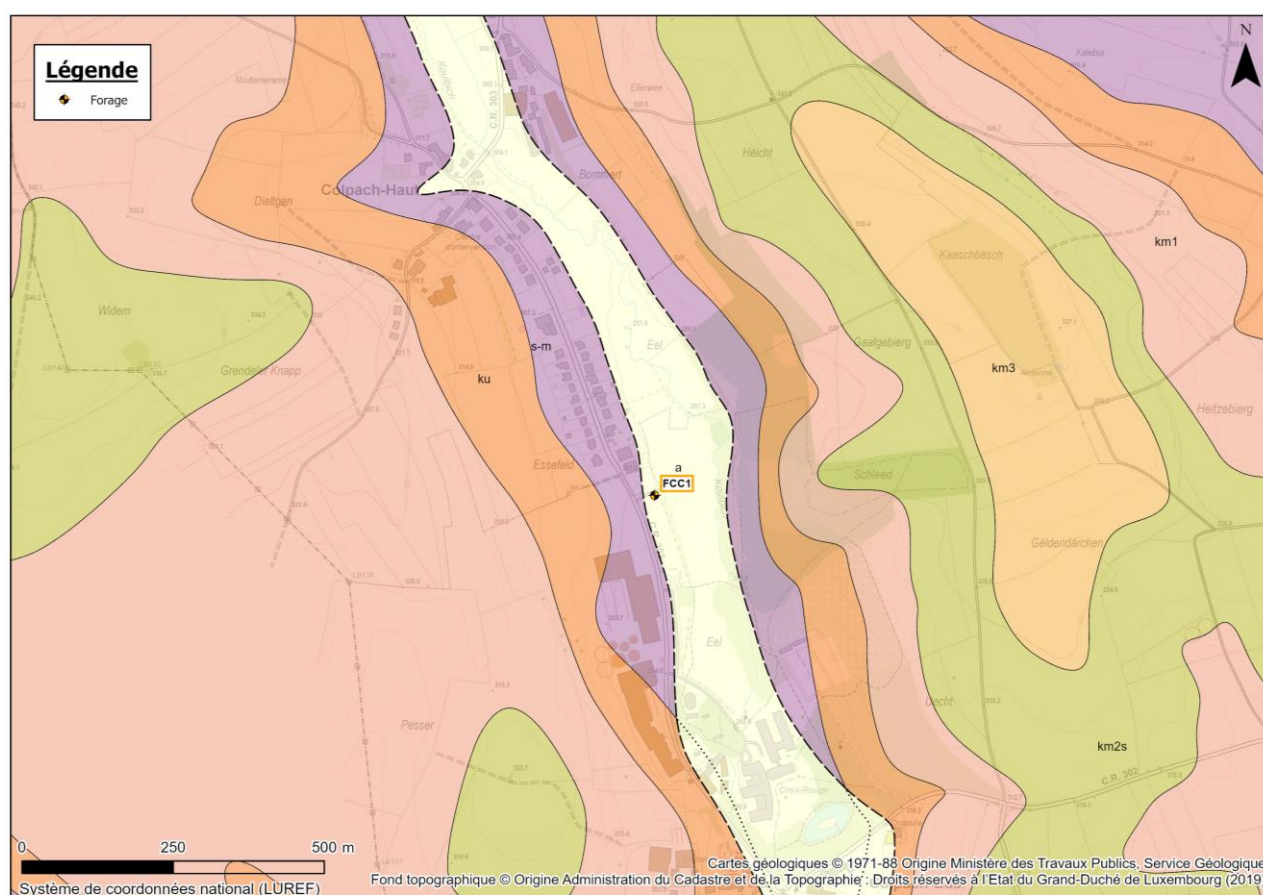


Figure 2. Extrait de la carte géologique harmonisée du Luxembourg.

Le Tableau 1 présenté ci-dessous synthétise la succession lithologique présente au droit du site de l'étude.

Tableau 1. Description des principaux faciès lithologiques rencontrés dans le secteur d'étude (1).

Système	Époque	Nom	Acronyme	Description	Épaisseur théorique (m)
Trias	Keuper	Keuper à marnolites compactes	km ₃	Marnes bariolées avec minces bancs de dolomie gris-claire ; gypse, strates et concrétions calcitiques, au nord-ouest marnes sableuses, intercalations de minces bancs de grès	15-35
		Grès à roseaux	km _{2s}	Grès micacé gris-clair, avec intercalations d'argilites sombres; débris de plantes	2-4
		Keuper à pseudomorphoses de sel	km ₁	Marnes bariolées et marnes bariolées argileuses; minces bancs discontinus de grès siliceux avec pseudomorphoses de sel gemme; gypse; vers le nord-ouest, intercalation de niveaux grésio-conglomératiques et dolomitiques	5-40
		Lettenkeuper	ku	Dolomie - limite et marne bariolées	6-14
	Muschelkalk & Buntsandstein	Muschelkalk et Buntsandstein indifférenciés	s-m		23-111
Dévonien	Dévonien inférieur	Siegenien supérieur en général	Sg3	Schiste compact, grossier, mal stratifié, avec de rares bancs de grès argileux	~1000

Les faciès de ces couches subissent des évolutions d'est en ouest : la zone orientale est caractérisée par les faciès classiques du Trias germanique, et lorsqu'on se déplace vers l'ouest, des faciès détritiques, liés à des conditions de dépôt littorales ou continentales, apparaissent et se substituent aux faciès marins (voir Figure 3 extraite du rapport de Björnsen (2)). La limite entre le Buntsandstein et le Muschelkalk inférieur est donc moins tranchée quand on se déplace vers l'ouest du Luxembourg ce qui peut localement avoir des implications au niveau hydrogéologique. Cette zone est appelée dans la littérature la « faciès de bordure » (« Randfazies »).

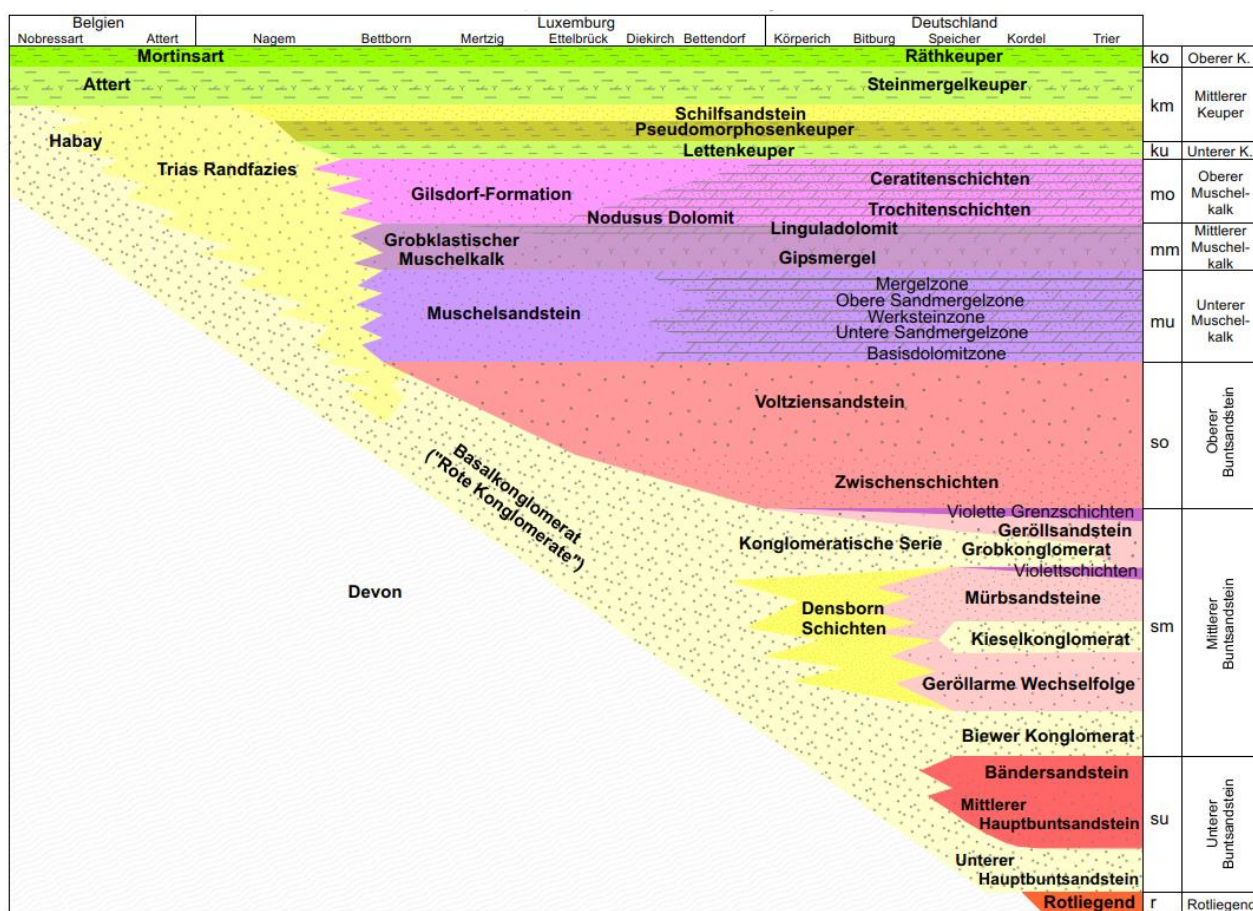


Figure 3 : Évolution latérale des faciès du Trias d'est en ouest (figure extraite de (2))

4 Forage de reconnaissance

Le forage-carotté de reconnaissance FCC1 a été réalisé entre le 07/02/2025 et le 12/02/2025 avec pour objectif de vérifier si les nappes du Muschelkalk et du Buntsandstein constituent deux nappes distinctes au droit du projet. Le forage a été réalisé jusqu'à une profondeur de 51 m. Les photographies des carottes sont présentées en annexe 001 et le profil lithologique en annexe 002.

4.1 Observations lors des travaux

Lors du forage, plusieurs observations ont été rapportées par les foreurs.

- Un niveau de nappe a été rencontrée entre 2 et 3 mètres de profondeur ;
- A 16 mètres, une zone de circulation a été identifiée, rendant nécessaire le tubage du forage jusqu'à 21 mètres afin de stabiliser l'ouvrage ;
- A 24 mètres de profondeur, une nappe captive a été interceptée, provoquant une remontée du niveau de l'eau jusqu'à quelques centimètres sous la surface du sol.

4.2 Lithologie rencontrée

La lithologie du forage FCC1 peut être résumée comme suit :

- 0 - 4,6 m : Limons d'altération sableux brunâtres, avec des intercalations de bandes argileuses ;
- 4,6 - 34,3 m : Grès fin et souvent dolomitique, parfois brechifié ou conglomératique. Le grès est souvent rouge et verdâtre et les parties dolomitiques sont plutôt blanches ;
- 34,3 - 40,4 m : Grès fin homogène rouge ;
- 40,4 - 47m : Conglomérat et siltites rouges à brunâtres. Plus siltitique vers le bas ;
- 47 – 51 m : Schistes quartzophyllade, rougeâtre à brunâtre.

4.3 Rebouchage du trou

Suite à la réalisation des pompages d'échantillonnage (Voir chapitre suivant), le forage a été rebouché à l'aide d'argile gonflante et selon les règles de l'art de la DVGW W135 (3).

5 Pompages d'échantillonnage

5.1 Pompages d'évaluation

Dans un premier temps, le forage a été purgé, le débit a été déterminé et une évaluation des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère a été réalisée. Pour cela, une pompe a été installée à une profondeur d'environ 45 m et a été démarrée avec un débit de 6,75 m³/h (débit maximal de la pompe à cette profondeur). Cela a entraîné un rabattement du niveau de 3,74 m. La pompe a été arrêtée après 2 h et la remontée a été suivie. Étant donné que rabattement ainsi que la remontée ont été suivis, l'interprétation des données a pu être réalisée, permettant ainsi de calculer la transmissivité et la perméabilité de l'aquifère. Le niveau dynamique lors du pompage est présenté à la Figure 4.

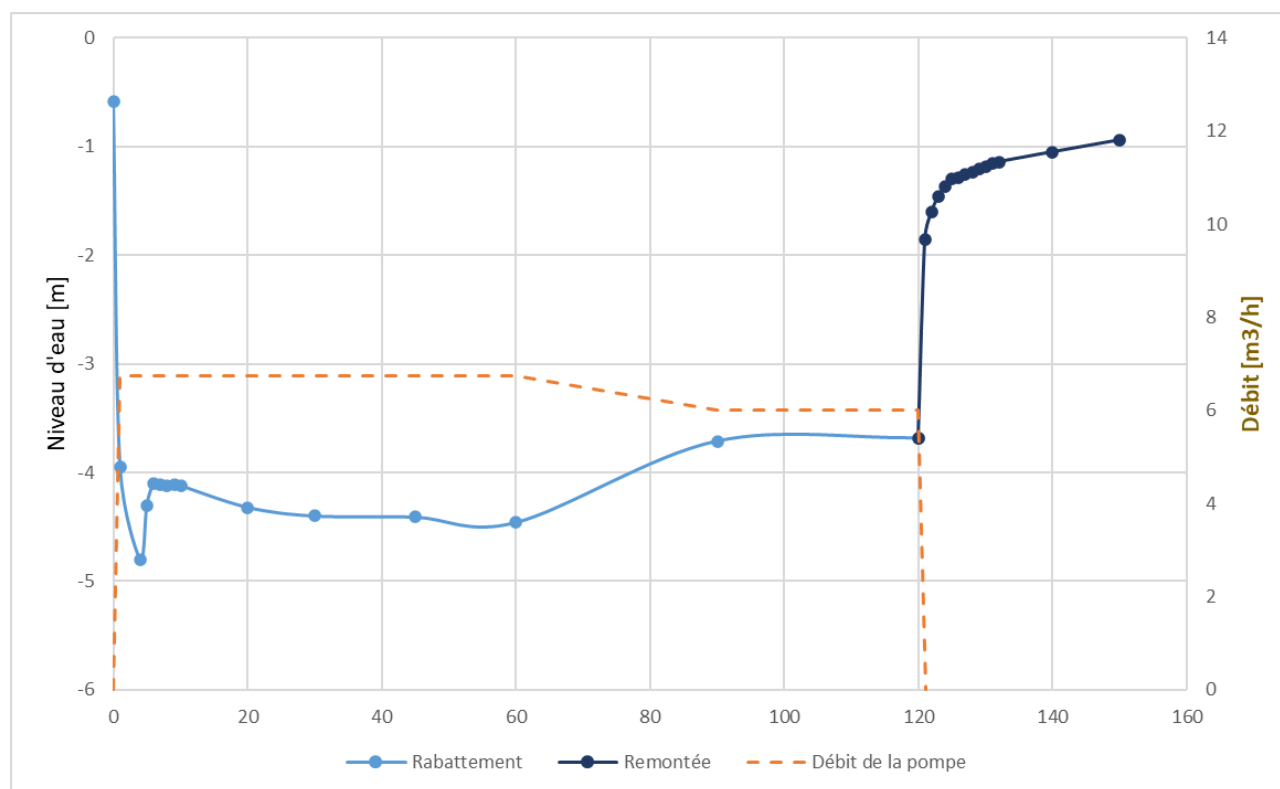


Figure 4. Niveau dynamique de la nappe du FCC1 en cours du pompage.

Une transmissivité de $5.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et une perméabilité de 1.10^{-5} m/s ont été déterminées.

5.2 Pompages d'échantillonnages

L'analyse des carottes de forage a mis en évidence certaines zones qui pourraient entraîner des différences chimiques dans l'aquifère. Ces zones sont les suivantes :

- Zone compacte avec du grès fin entre 34,3 et 40,4 m (pouvant potentiellement permettre une séparation hydraulique) ;
- Changement de couche et comportement captif à partir d'environ 25 m ;

- Zone instable autour de 16 m, suggérant une circulation d'eau.

Trois phases de pompage ont été réalisées à différentes profondeurs le 13 et 14 février 2025, avec un suivi rigoureux des niveaux piézométriques et un échantillonnage des eaux à chaque étape. Après chaque phase, le forage a été progressivement rebouché à l'aide de la bentonite, afin d'isoler chaque section avant d'entamer la suivante.

Tous les pompages ont été réalisés à faible débit afin de minimiser les perturbations du milieu et de garantir que les échantillons d'eau ainsi que les réponses hydrauliques soient représentatifs des couches ciblées.

Déroulement :

1. Pompage et échantillonnage à une profondeur de -45 m : au-dessous de la couche gréseuse fine ;
2. Rebouchage : Reboucher jusqu'à -36 m ;
3. Pompage et échantillonnage à une profondeur de -31 m : au-dessus de la couche gréseuse fine ;
4. Rebouchage : Reboucher jusqu'à -23 m ;
5. Pompage et échantillonnage à une profondeur de -17 m : Dans la partie superficielle du forage ;
6. Rebouchage complet du forage.

Les mesures réalisées lors des échantillonnages sont résumées dans le tableau ci-après :

Tableau 2. Résumé des résultats des mesures In-Situ lors des pompages d'échantillonnages.

	Débit [m ³ /h]	Rabatement [m]	Rabatement spécifique [m/(m ³ /h)]	pH [-]	Conductivité électrique [μS/cm]	Température [°C]
Pompage 1 (45 m)	3,6	1,5	0,4	7,9	487,0	10,7
Pompage 2 (31 m)	2,1	0,7	0,3	7,8	494,0	10,9
Pompage 3 (17 m)	3,2	3,7	1,2	7,7	541,0	10,7

La différence la plus marquante a été observée au niveau du rabattement spécifique, et donc au niveau de la productivité du forage. Le forage montre une augmentation claire au niveau de la productivité (facteur 3-4) à partir de la zone captive à environ 25 m de profondeur.

6 Synthèse chimique

Les échantillons prélevés lors des pompages de FCC1 ont été envoyés au laboratoire Agrolab le 14/02/2025. Le bulletin d'analyses du laboratoire Agrolab est disponible en annexe 004, ainsi que le tableau comparatif de ces analyses en annexe 003. Les trois échantillons prélevés aux trois niveaux indiqués dans les chapitres précédents présentent une chimie très similaire. Cette similarité est visible sur le diagramme « Piper » de la Figure 5.

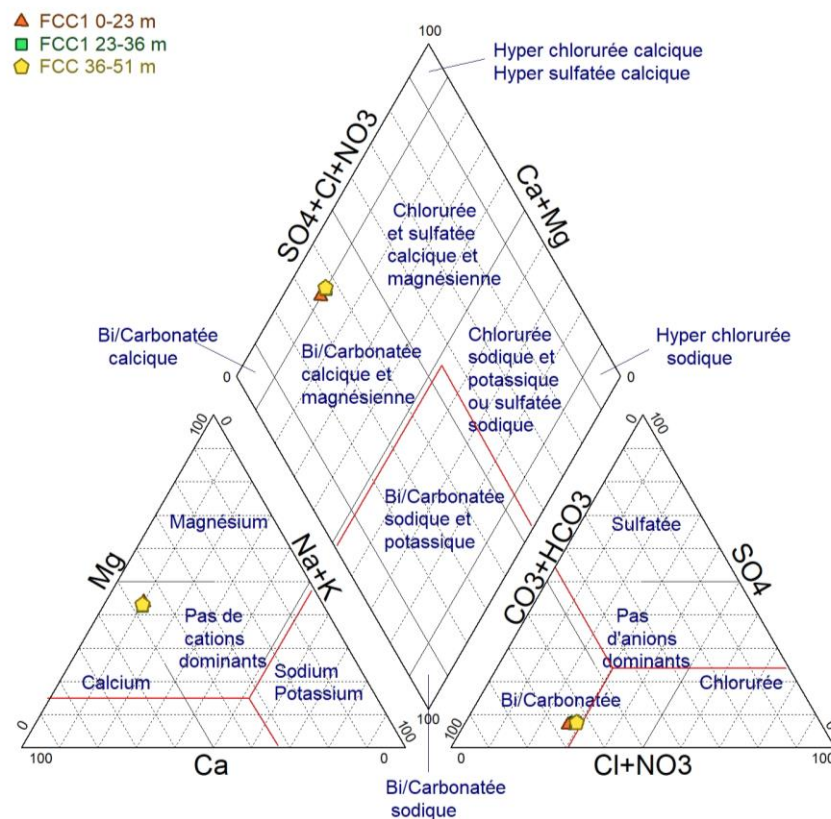


Figure 5. Diagramme Piper des analyses réalisées sur le FCC1.

Néanmoins, malgré cette qualité chimique très homogène, une évolution subtile mais régulière est observée avec l'augmentation de la profondeur. Bien que tous les échantillons restent classés comme bicarbonatés, les eaux plus profondes montrent une légère tendance vers une composition plus riche en chlorures et en sulfates, les plaçant à proximité de la limite de la classification chlorurée.

Enfin, il convient de souligner la concentration élevée en nitrates, comprise entre 64,8 et 68,8 mg/l, qui dépasse même les limites de potabilité au Luxembourg (4).

Dans l'ensemble, les données d'analyse chimique suggèrent qu'il n'existe pas plusieurs aquifères totalement distincts, mais un seul système d'eau souterraine dont l'évolution géochimique est liée à la profondeur.

7 Interprétation des résultats et discussion

La lithologie traversée sur les 47 premiers mètres montre clairement l'image de couches sédimentaires triasiques. La roche n'est pas totalement homogène, comme plusieurs petits changements de couches entre grès, dolomie et conglomérat/brèche ont été identifiés. Une classification stratigraphique précise n'est pas possible, car nous nous trouvons dans le faciès de bordure du Trias luxembourgeois. Cependant, il est probable que ces formations appartiennent au Muschelkalk inférieur et/ou au Buntsandstein.

À partir de 47 m de profondeur, les schistes dévonien sous-jacents ont été recoupés, permettant ainsi d'identifier une limite lithologique et stratigraphique claire.

Dans les couches triasiques, en raison des variations lithologiques et des observations effectuées lors du forage, une zonation des niveaux potentiels d'aquifères a pu être établie. Toutefois, les prélèvements effectués à différentes profondeurs du forage ainsi que les analyses chimiques associées n'ont révélé aucune différence chimique significative. Seule la productivité du forage semble augmenter avec la profondeur (notamment à partir de 25 m), ce qui suggère une circulation principale de l'eau dans cette zone.

L'ensemble de ces facteurs lithologiques et géochimiques indique que le forage recoupe un aquifère unique et continu plutôt que plusieurs nappes distinctes.

8 Remarques finales

Ce rapport d'étude hydrogéologique est valable exclusivement dans les limites d'espace et de contenu définis par la zone d'étude représentée sur les plans joints. Toutes les recommandations et exigences doivent être appliquées au projet actuel.

L'étude hydrogéologique a été interpolée à partir d'une description de terrain en des points isolés. Dans le cas où, durant l'avancement des travaux aux alentours ou de l'exploitation, une divergence par rapport à la situation décrite serait constatée, il est indispensable de fixer avec notre bureau un rendez-vous sur place dans les plus brefs délais, afin de décider des mesures nécessaires à appliquer aux travaux. Durant la réalisation des travaux aux alentours, l'entrepreneur est censé travailler selon les règles de l'art et respecter rigoureusement les normes et recommandations en vigueur.

Contern, le 19/03/2025



Laurence PLÉNECASSAGNE

Directrice de département | Hydrogéologie et Géothermie



Olivier WIESEMES

Directeur de projet | Hydrogéologie et géothermie

9 Références

1. **Service Géologique du Luxembourg.** *Carte géologique détaillée harmonisée aux échelles 1:25000 et 1:50000* © Service géologique de l'Etat, Administration des ponts et chaussées. Version du 03/09/2018.
2. **Björnsen Beratende Ingenieure GmbH.** *Hydrogeologisches Modell "Nordliches Trias Luxemburg"*. 2012.
3. **Technische Regel - Arbeitsblatt DVGW135.** *Sanierung und Rückbau von Brunnen, Grundwassermessstellen und Bohrungen*. 2018.
4. **Ministère d'Etat, Service central de législation.** *Loi du 23 décembre 2022 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et modifiant la loi modifiée du 19 décembre 2008 relative à l'eau*. s.l. : Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg, 2022.

LISTE DES ANNEXES

20233403-GC-HYDROGEOL-G001

Projet de géothermie de la Croix-Rouge à Colpach

Forage de reconnaissance hydrogéologique

Compte-rendu des travaux

N° du plan ou du document		Intitulé	Échelle
N° projet	N° annexe		
20233403-GC-HYDROGEOL-G001-	001	Photographies des carottes du forage	-
20233403-GC-HYDROGEOL-G001-	002	Profil du forage	-
20233403-GC-HYDROGEOL-G001-	003	Tableaux comparatifs des résultats d'analyses et valeurs seuils	-
20233403-GC-HYDROGEOL-G001-	004	Bulletins d'analyses du laboratoire AGROLAB Umwelt GmbH	-

Annexe 20233403-GC-HYDROGEOL-G001-001

Photographies des carottes du forage

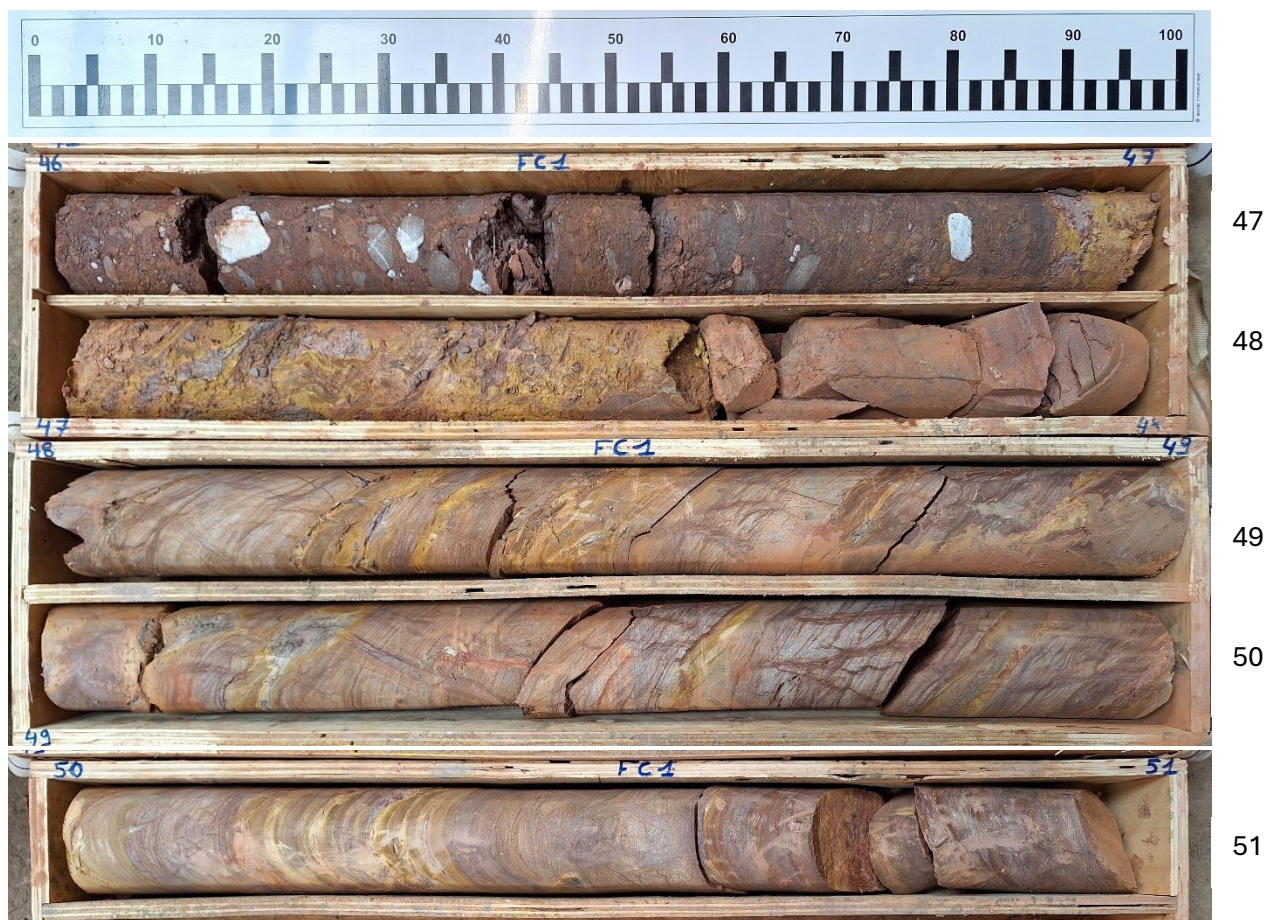






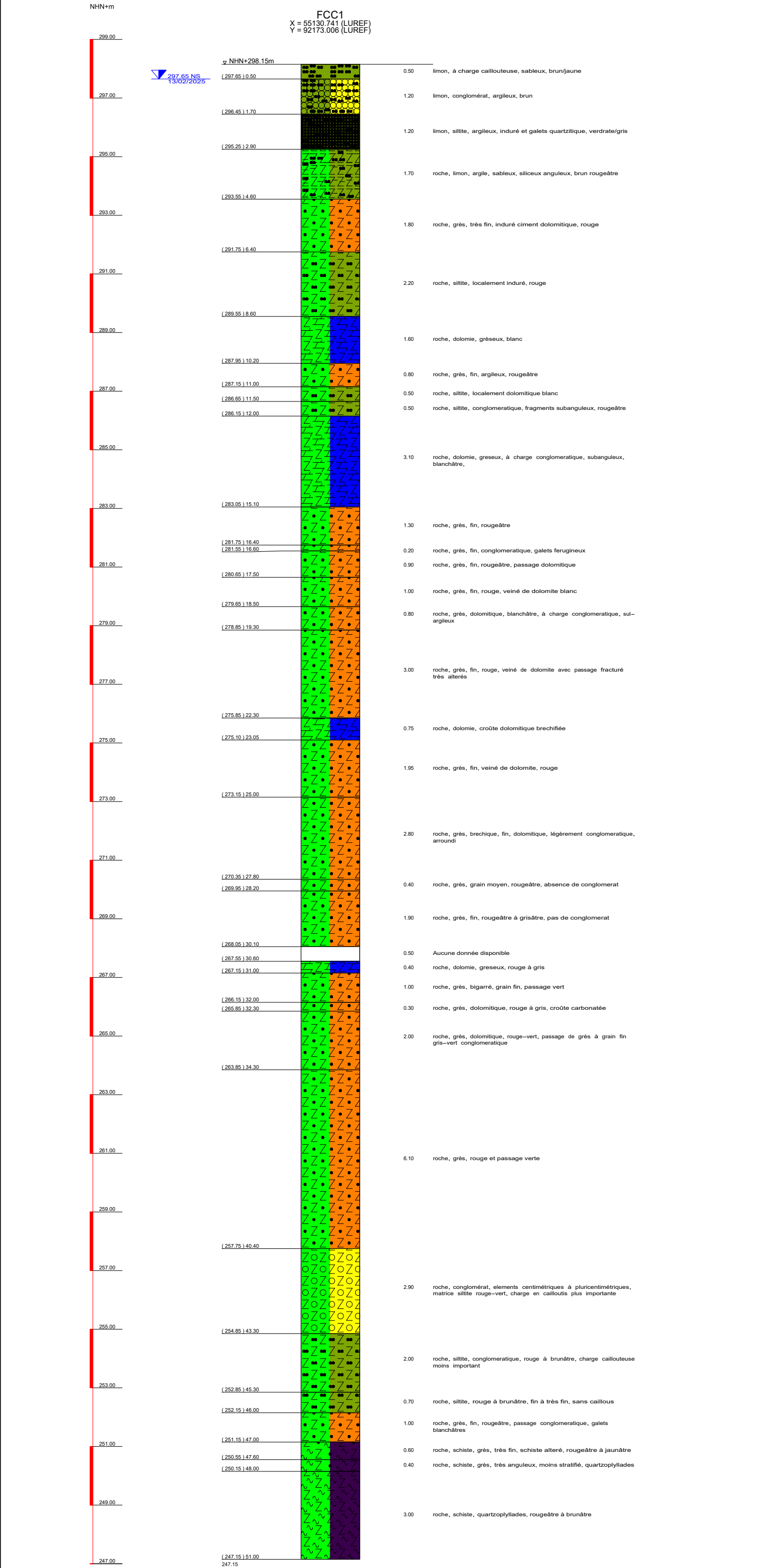



















































Annexe 20233403-GC-HYDROGEOL-G001-002



Profil du forage



Système de coordonnées National (LUREF)

Légende d'après DIN 4023					
Type de sols	Type de roches	Type de roches	Autres	Dénomination des couches	
 Bloc	 Roche (en général)	 Marnes	 H1 Terre végétale	 H Ecoulement de pente	
 Pierre	 Roche aplâtre (en général)	 Marnes argileuses	 A Remblai	 V Limon d'altération	
 Gravier	 Grès	 Schistes argileux	 Conglomérat	 A1 Alluvions	
 Sable	 Siltite	 Schistes	 Limon d'altération	 R Remblai	
 Limon	 Argille			 Z Roche	
 Argile	 Calcaires			 Zv Roche altérée	
	 Marnes dures calcaires				
Consistance	Résistance	Compacité	Niveaux d'eau	Echantillonnage	
 molle	 très faible résistance peu consistant	 lèche	 Niveau d'eau	 Echantillon remanié	 Echantillon non remanié
 ferme	 résistance moyenne	 moyennement compact	 Niveau d'eau après forage	 Echantillon remanié examiné	 Echantillon non remanié examiné
 très ferme	 résistance élevée	 dense	 Niveau d'eau rencontré lors du forage		
 dure					
 très dure					



Indice	Date	Modification
Remarques générales : Des décalages peuvent intervenir entre les cartes topographiques, géologiques et les limites cadastrales. Les points présentés sur les cartes ont été géoréférencés et leur localisation concorde avec le fond topographique qui est considéré comme le plus représentatif.		
MAÎTRE D'OUVRAGE : 		
CHANTIER : Projet de géothermie de la Croix-Rouge à Colpach Forage de reconnaissance hydrogéologique		
OBJET : Profil lithologique du forage FCC1		
DESSINÉ PAR : WIESEMES Olivier	DATE : 14/03/2025	
VERIFIÉ PAR : WIESEMES Olivier	PLAN N° : 20233403-GC-HYDROGEOL-G001-002	
CONTRÔLE PAR : PLÉNÉCASSAGNE Laurence		
		FICHER : G:_20233403-GC-HYDROGEOL Plans.srf
Géologie Géotechnique Hydrogéologie Environnement		 4, rue Albert Simon L-5315 Contern B.P. 102 L-5302 Sandweiler Tél. : (+352) 30 57 99-1 info@geoconseils.lu N° id TVA : LU20272572 www.geoconseils.lu
Ce document reste notre entière propriété et ne peut être ni reproduit ni communiqué à des tiers de quelque manière que ce soit, ni utilisé à des fins propres, notamment pour la réalisation de ce qui est représenté, sans notre autorisation écrite.		

Annexe 20233403-GC-HYDROGEOL-G001-003

Tableaux comparatifs des résultats d'analyses et valeurs seuils

Tableau comparatif des analyses avec valeurs limites de potabilité

			RÉSULTATS			Valeurs seuils de potabilité luxembourgeois*
Échantillon			FCC1 0-23 m	FCC1 23-36 m	FCC 36-51 m	
Date			14.02.2025	14.02.2025	14.02.2025	
Matériel						
Paramètres physico-chimiques	Méthode	Unité				
pH (Lab.)	DIN EN ISO 10523 : 2012-04		7,79	7,85	7,87	6,5-9,5
Température (Lab)	DIN 38404-4 : 1976-12	°C	18,90	18,80	19,10	-
Conductivité à 25°C (Lab)	DIN EN 27888 : 1993-11	µS/cm	527,00	484,00	477,00	2790
Conductivité à 20 °C (Lab.)	DIN EN 27888 : 1993-11	µS/cm	472,00	434,00	427,00	2500
Anions						
Chlorures (Cl)	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	mg/l	14,00	14,20	14,10	250
Nitrites (NO2)	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	mg/l	0,02	0,01	0,01	0,5
Nitrates (NO3)	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	mg/l	68,80	64,80	66,70	50
Sulfates (SO4)	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	mg/l	18,30	19,10	18,20	250
Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)	DIN 38409-7 : 2005-12	mmole/l	3,67	3,23	3,22	-
Cations						
Calcium (Ca)	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	mg/l	50,30	46,60	45,90	-
Magnésium (Mg)	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	mg/l	28,90	25,40	25,50	-
Sodium (Na)	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	mg/l	10,70	10,30	9,78	200,00
Potassium (K)	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	mg/l	2,65	2,19	2,19	-
Ammonium (NH4)	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	mg/l	<0,020 (+)	<0,020 (+)	<0,005 (LDD)	0,5
Composés inorganiques						
Fer (Fe)	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	mg/l	0,03	<0,003 (LDD)	<0,003 (LDD)	0,5
Manganèse (Mn)	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,05
Valeurs calculées						
Dureté totale	Détermination par calcul de Ca, Mg	mmole/l	2,40	2,20	2,20	-
Dureté totale	Détermination par calcul	°dH	13,40	12,30	12,30	-
Dureté Carbonatée	Détermination par calcul	°dH	10,10	8,90	8,90	-
Dureté totale (exprimé en Carbonate de Calcium)	Détermination par calcul des alcalino-terreux totaux	mmole/l	2,40	2,20	2,20	-
Niveau de la dureté	(German) detergent law 1987		2,00	2,00	2,00	-
Equivalents anions	DIN 38402-62 : 2014-12	mmole/l	5,56	5,07	5,07	-
Equivalents kations	DIN 38402-62 : 2014-12	mmole/l	5,42	4,92	4,87	-
Bilan ionique	DIN 38402-62 : 2014-12	%	-2,50	-3,04	-4,05	-

LÉGENDE :

Valeur dépassant le seuil de potabilité luxembourgeois

* selon le règlement grand-ducal modifié du 7 octobre 2002 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

Annexe 20233403-GC-HYDROGEOL-G001-004

Bulletins d'analyses du laboratoire AGROLAB Umwelt GmbH

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Geoconseils S.A.
Olivier Wiesemes
4-6 Rue Albert Simon
5315 Contern
LUXEMBURG

Date 19.02.2025

N° Client 27019407

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 2442863 20233403-GC-HYDROGEOL-Colpach géothermie (cp. Olivier Wiesemes)
N° échant. 644732 Eau souterraine
Date de validation 17.02.2025
Prélèvement 14.02.2025 11:57
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons FCC1 36-51 m

Unité	Résultat	Limite Quant.	Limite	Méthode
-------	----------	---------------	--------	---------

Paramètres physico-chimiques

pH (Lab.)		7,87	2		DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Température (Lab)	°C	19,1	0		DIN 38404-4 : 1976-12
Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	477	10		DIN EN 27888 : 1993-11
Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire)	µS/cm	427	10		DIN EN 27888 : 1993-11

Anions

Chlorures (Cl)	mg/l	14,1	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrites (NO2)	mg/l	0,009	0,005		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrates (NO3)	mg/l	66,7	0,5		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfates (SO4)	mg/l	18,2	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)	mmole/l	3,22	0,01		DIN 38409-7 : 2005-12

Cations

Calcium (Ca)	mg/l	45,9	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Magnésium (Mg)	mg/l	25,5	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Sodium (Na)	mg/l	9,78	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Potassium (K)	mg/l	2,19	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Ammonium (NH4)	mg/l	<0,005 (LDD)	0,02		DIN ISO 15923-1 : 2014-07

Composés inorganiques

Fer (Fe)	mg/l	<0,003 (LDD)	0,01		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Manganèse (Mn)	mg/l	0,017	0,005		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Valeurs calculées

Dureté totale	mmole/l	2,2	0,3		Détermination par calcul de Ca, Mg
Dureté totale	°dH	12,3	1,7		Détermination par calcul
Dureté Carbonatée	°dH	8,9			Détermination par calcul
Dureté totale (exprimé en Carbonate de Calcium)	mmole/l	2,20	0,025		Détermination par calcul des alcalino-terreux totaux
Niveau de la dureté		2	0		(German) detergent law 1987
Equivalents anions	mmole/l	5,07			DIN 38402-62 : 2014-12
Equivalents kations	mmole/l	4,87			DIN 38402-62 : 2014-12
Bilan ionique	%	-4,05			DIN 38402-62 : 2014-12

Le signe "<"...."(LDD)" ou n.d. dans la colonne Résultats signifie que la paramètre concernée ne peut être détectée avec la limite de détection.

page 1 de 2

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673
Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 19.02.2025

N° Client 27019407

RAPPORT D'ANALYSES

Cde **2442863** 20233403-GC-HYDROGEOL-Colpach géothermie (cp. Olivier Wiesemes)

N° échant. **644732** Eau souterraine

Le calcul des incertitudes de mesure dans le tableau ci-dessous est basé sur le GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP et OIML, 2008) et le rapport Nordtest (Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (TR 537 (ed. 4) 2017)). Il s'agit donc d'une valeur très fiable avec un niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les écarts par rapport à cette valeur sont signalés par une entrée dans la colonne "Méthode de détermination variable".

Incertitude de mesure	Méthode de détermination variable	Paramètre
15%		Calcium (Ca), Sodium (Na), Potassium (K), Nitrates (NO ₃), Magnésium (Mg)
12%		Chlorures (Cl), Sulfates (SO ₄)
7,5%		Conductivité à 25°C (Lab), Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)
0,015mg/l		Manganèse (Mn)
0,0075mg/l		Nitrites (NO ₂)
0,2		pH (Lab.)
0,5°C		Température (Lab)

Remarque sur la date d'échantillonnage : La date d'échantillonnage est une information client.

Date de prise en charge: 17.02.2025

Fin des analyses: 19.02.2025

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée. En cas de déclaration de conformité, l'approche discrète est utilisée comme règle de décision. Cela signifie que l'incertitude de mesure n'est pas prise en compte pour l'établissement de la déclaration de conformité à une spécification ou à une norme.

AGROLAB Umwelt Herr Dr. René Kuzora, Tel. 0431/22138-580
Service Team Umwelt 0, Email: umwelt0.kiel@agrolab.de

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " * " .

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



page 2 de 2

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Geoconseils S.A.
Olivier Wiesemes
4-6 Rue Albert Simon
5315 Contern
LUXEMBURG

Date 19.02.2025

N° Client 27019407

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 2442863 20233403-GC-HYDROGEOL-Colpach géothermie (cp. Olivier Wiesemes)
N° échant. 644733 Eau souterraine
Date de validation 17.02.2025
Prélèvement 14.02.2025 11:57
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons FCC1 23-36 m

Unité	Résultat	Limite Quant.	Limite	Méthode
-------	----------	---------------	--------	---------

Paramètres physico-chimiques

pH (Lab.)		7,85	2		DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Température (Lab)	°C	18,8	0		DIN 38404-4 : 1976-12
Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	484	10		DIN EN 27888 : 1993-11
Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire)	µS/cm	434	10		DIN EN 27888 : 1993-11

Anions

Chlorures (Cl)	mg/l	14,2	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrites (NO2)	mg/l	0,010	0,005		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrates (NO3)	mg/l	64,8	0,5		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfates (SO4)	mg/l	19,1	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)	mmole/l	3,23	0,01		DIN 38409-7 : 2005-12

Cations

Calcium (Ca)	mg/l	46,6	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Magnésium (Mg)	mg/l	25,4	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Sodium (Na)	mg/l	10,3	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Potassium (K)	mg/l	2,19	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Ammonium (NH4)	mg/l	<0,020 (+)	0,02		DIN ISO 15923-1 : 2014-07

Composés inorganiques

Fer (Fe)	mg/l	<0,003 (LDD)	0,01		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Manganèse (Mn)	mg/l	0,024	0,005		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Valeurs calculées

Dureté totale	mmole/l	2,2	0,3		Détermination par calcul de Ca, Mg
Dureté totale	°dH	12,3	1,7		Détermination par calcul
Dureté Carbonatée	°dH	8,9			Détermination par calcul
Dureté totale (exprimé en Carbonate de Calcium)	mmole/l	2,20	0,025		Détermination par calcul des alcalino-terreux totaux
Niveau de la dureté		2	0		(German) detergent law 1987
Equivalents anions	mmole/l	5,07			DIN 38402-62 : 2014-12
Equivalents kations	mmole/l	4,92			DIN 38402-62 : 2014-12
Bilan ionique	%	-3,04			DIN 38402-62 : 2014-12

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " * " .

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



page 1 de 2

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



Date 19.02.2025
N° Client 27019407

RAPPORT D'ANALYSES

Cde **2442863** 20233403-GC-HYDROGEOL-Colpach géothermie (cp. Olivier Wiesemes)

N° échant. **644733** Eau souterraine

Le signe "<...."(LDD)" ou n.d. dans la colonne Résultats signifie que la paramètre concernée ne peut être détectée avec la limite de détection.

Le signe "<....(+)" dans la colonne Résultats signifie que la paramètre concernée a été détectée qualitativement entre la limite de détection et la limite de détermination.

Le calcul des incertitudes de mesure dans le tableau ci-dessous est basé sur le GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP et OIML, 2008) et le rapport Nordtest (Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (TR 537 (ed. 4) 2017). Il s'agit donc d'une valeur très fiable avec un niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les écarts par rapport à cette valeur sont signalés par une entrée dans la colonne "Méthode de détermination variable".

Incertitude de mesure	Méthode de détermination variable	Paramètre
15%		Calcium (Ca), Sodium (Na), Potassium (K), Nitrates (NO3), Magnésium (Mg)
12%		Chlorures (Cl), Sulfates (SO4)
7,5%		Conductivité à 25°C (Lab), Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)
0,015mg/l		Manganèse (Mn)
0,0075mg/l		Nitrites (NO2)
0,2		pH (Lab.)
0,5°C		Température (Lab)

Remarque sur la date d'échantillonnage : La date d'échantillonnage est une information client.

Date de prise en charge: 17.02.2025

Fin des analyses: 19.02.2025

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée. En cas de déclaration de conformité, l'approche discrète est utilisée comme règle de décision. Cela signifie que l'incertitude de mesure n'est pas prise en compte pour l'établissement de la déclaration de conformité à une spécification ou à une norme.

AGROLAB Umwelt Herr Dr. René Kuzora, Tel. 0431/22138-580
Service Team Umwelt 0, Email: umwelt0.kiel@agrolab.de

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " (*) " .

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



page 2 de 2

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Geoconseils S.A.
Olivier Wiesemes
4-6 Rue Albert Simon
5315 Contern
LUXEMBURG

Date 19.02.2025

N° Client 27019407

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 2442863 20233403-GC-HYDROGEOL-Colpach géothermie (cp. Olivier Wiesemes)

N° échant. 644734 Eau souterraine

Date de validation 17.02.2025

Prélèvement 14.02.2025 11:57

Prélèvement par: Client

Spécification des échantillons FCC1 0-23 m

Unité	Résultat	Limite Quant.	Limite	Méthode
-------	----------	---------------	--------	---------

Paramètres physico-chimiques

pH (Lab.)		7,79	2		DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Température (Lab)	°C	18,9	0		DIN 38404-4 : 1976-12
Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	527	10		DIN EN 27888 : 1993-11
Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire)	µS/cm	472	10		DIN EN 27888 : 1993-11

Anions

Chlorures (Cl)	mg/l	14,2	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrites (NO2)	mg/l	0,021	0,005		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrates (NO3)	mg/l	68,8	0,5		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfates (SO4)	mg/l	18,3	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)	mmole/l	3,67	0,01		DIN 38409-7 : 2005-12

Cations

Calcium (Ca)	mg/l	50,3	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Magnésium (Mg)	mg/l	28,9	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Sodium (Na)	mg/l	10,7	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Potassium (K)	mg/l	2,65	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Ammonium (NH4)	mg/l	<0,020 (+)	0,02		DIN ISO 15923-1 : 2014-07

Composés inorganiques

Fer (Fe)	mg/l	0,032	0,01		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Manganèse (Mn)	mg/l	0,023	0,005		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Valeurs calculées

Dureté totale	mmole/l	2,4	0,3		Détermination par calcul de Ca, Mg
Dureté totale	°dH	13,4	1,7		Détermination par calcul
Dureté Carbonatée	°dH	10,1			Détermination par calcul
Dureté totale (exprimé en Carbonate de Calcium)	mmole/l	2,40	0,025		Détermination par calcul des alcalino-terreux totaux
Niveau de la dureté		2	0		(German) detergent law 1987
Equivalents anions	mmole/l	5,56			DIN 38402-62 : 2014-12
Equivalents cations	mmole/l	5,42			DIN 38402-62 : 2014-12
Bilan ionique	%	-2,50			DIN 38402-62 : 2014-12

Le signe "<...(+)" dans la colonne Résultats signifie que la paramètre concernée a été détectée qualitativement entre la limite de détection et la limite de détermination.

page 1 de 2

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673
Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " * " .

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 19.02.2025

N° Client 27019407

RAPPORT D'ANALYSES

Cde **2442863** 20233403-GC-HYDROGEOL-Colpach géothermie (cp. Olivier Wiesemes)

N° échant. **644734** Eau souterraine

Le calcul des incertitudes de mesure dans le tableau ci-dessous est basé sur le GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP et OIML, 2008) et le rapport Nordtest (Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (TR 537 (ed. 4) 2017)). Il s'agit donc d'une valeur très fiable avec un niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les écarts par rapport à cette valeur sont signalés par une entrée dans la colonne "Méthode de détermination variable".

Incertitude de mesure	Méthode de détermination variable	Paramètre
15%		Calcium (Ca), Sodium (Na), Potassium (K), Nitrates (NO ₃), Magnésium (Mg)
12%		Chlorures (Cl), Sulfates (SO ₄)
7,5%		Conductivité à 25°C (Lab), Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)
0,015mg/l		Fer (Fe), Manganèse (Mn)
0,0075mg/l		Nitrites (NO ₂)
0,2		pH (Lab.)
0,5°C		Température (Lab)

Remarque sur la date d'échantillonnage : La date d'échantillonnage est une information client.

Date de prise en charge: 17.02.2025

Fin des analyses: 19.02.2025

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée. En cas de déclaration de conformité, l'approche discrète est utilisée comme règle de décision. Cela signifie que l'incertitude de mesure n'est pas prise en compte pour l'établissement de la déclaration de conformité à une spécification ou à une norme.

AGROLAB Umwelt Herr Dr. René Kuzora, Tel. 0431/22138-580
Service Team Umwelt 0, Email: umwelt0.kiel@agrolab.de

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " * " .

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



page 2 de 2

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00