

BEG SA



Géologie & Environnement

BEG Fribourg
Z.I.: Le Vivier 22
CH 1690 Villaz-Saint-Pierre

+41 26 653 26 15
beg@beg-geol.ch
www.beg-geol.ch

Centre de recherche sur l'environnement alpin

Rue de l'Industrie 45
CH 1950 Sion

+41 27 607 11 80
www.crealp.ch

Maître de l'ouvrage

Service de l'environnement du canton de Fribourg SEn

Lieu

Canton de Fribourg

Projet

**Etude hydrogéologique pour le suivi et la gestion des
eaux souterraines intégrant les effets du changement**

Objet

Phase 2.2 : installation du réseau

N° mandat

9021

Auteurs

Marie Arnoux, Thierry Nendaz et Marion Cochand

Date

21.11.2025

Version 1

1 Contexte et objectif

1.1 Contexte

Le canton de Fribourg a adopté en juin 2021 un plan climat cantonal qui propose 115 mesures destinées à atténuer et permettre l'adaptation au changement climatique. Les mesures *W 1.3 Suivi et gestion des eaux souterraines intégrant les effets des changements climatiques* et *W 1.5 Surveillance des paramètres climatiques des eaux souterraines* ont pour objectif d'évaluer les implications des scénarios d'évolution climatique pour les eaux souterraines du canton. Dans ce cadre, le SEN du canton de Fribourg pilote un programme d'études hydrogéologiques qui portent sur le suivi et la gestion des eaux souterraines intégrant les effets du changement climatique. Ces études sont financées par le canton et réalisées par des mandataires. Elles sont organisées en trois phases : phase 1 – Synthèse des données existantes, état des lieux et définition de la démarche générale, phase 2 – Mise en place des programmes de suivi des eaux souterraines dans les captages/piézomètres sélectionnés et définition du cahier des charges pour la phase 3 des étude et phase 3 – Investigations détaillées dans les différents lots pour évaluer les principaux impacts du changement climatique sur les eaux souterraines.

1.2 Projet : Phase 2

C'est dans ce cadre que le BEG SA – Géologie & Environnement (BEG) et le Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP) ont été mandatés par le Service de l'Environnement du canton de Fribourg (SEn) pour la réalisation de la phase 2. Cette étude a été réalisée entre octobre 2024 et octobre 2025.

La démarche poursuivie dans le cadre de la Phase 2 suit le cahier des charges établi. Elle a permis :

1. D'intégrer les analyses complémentaires sur les sources karstiques Sandeli et Kappelboden (intégrées au rapport phase 1 ; phase 2.1)
2. Le déploiement et la maintenance du réseau hydrogéologique cantonal RHC (partie décrite dans le présent rapport d'installation, phase 2.2)
3. Récupération, traitement et valorisation des données (partie décrite dans le rapport indicateurs; phase 2.3).

Le présent rapport décrit la phase 2.2.

1.3 Objectifs

Du point de vue opérationnel, la phase 2.2 avait pour objectifs :

- de dimensionner, commander et tester les sondes à installer dans les piézomètres ;
- de préparer l'installation et d'installer les sondes ;
- de rendre accessibles les données via la plateforme STRATES (prestation initialement en option qui a été activée en cours de mandat)

La démarche poursuivie ainsi que la synthèse des résultats obtenus sont détaillées dans le présent rapport.

2 Travaux réalisés

2.1 Reconnaissance du réseau

Au vu des informations reçues des différents partenaires, nous avons jugé utile d'effectuer une campagne de reconnaissance du réseau. Réalisée le 28 mai 2025, cette journée de terrain a permis de prendre les mesures nécessaires pour dimensionner l'installation des sondes dans les piézomètres. Pour des raisons d'accessibilité (champ non fauché lors du premier passage), le piézomètre Les Mettraux F10/02 a été reconnu dans un second temps lors de l'installation du premier lot de sondes le 24 juillet 2025. Les photos de l'état initial des piézomètres sont présentées dans l'Annexe 1.

La reconnaissance des points d'eau a permis de mettre en évidence les éléments suivants (Tableau 1) :

1. La télétransmission des données ne peut pas être garantie dans des tubes en acier ou si la sonde est installée sous un regard. Il a donc été convenu d'installer des avant-tubes de protection en plastique autour des piézomètres concernés.
2. Le piézomètre Horia F1 est fonctionnel mais la chambre en béton doit être redressée et un avant-tube en plastique doit être installé pour assurer la télétransmission et la protection de l'acquisiteur de mesure contre l'humidité.
3. Le piézomètre Fin de la Porta PZ2 ne peut pas être équipé en l'état car l'installation d'un avant-tube situé en bord de chemin viendrait gêner le trafic agricole.

STATION_NM	Piézomètre	Regard	Tubage acier	Possibilité avant-tube
Fin de la Porta	PZ2			
Les Mettraux	F10/02			
Les Mettraux	F19			
Tuffière	F2			
Horia	F1			
Danaïdes	D			

Tableau 1 – Eléments problématiques observés lors de la reconnaissance (vert = oui, rouge = non)

2.2 Matériel commandé

La solution de mesure mise en œuvre devait permettre d'adresser les prérequis suivants :

- Sondes de mesure CTD (niveau d'eau, température, conductivité électrique)
- Télémessure basée sur un protocole de communication permettant de se défaire de l'abandon de la 3G fin 2025 (4G LTE-M)
- Assurer l'intégration des données (i.e. chaîne d'acquisition et de formats de données)

Basé sur ces exigences, les sondes choisies, en concertation avec le SEn, sont décrites dans le tableau 2. Les profondeurs de câbles ont été choisies en fonction de la profondeur des piézomètres à instrumenter et de la position des crépines lorsque ces informations étaient disponibles (Annexe 6) afin de préférentiellement installer les sondes au niveau des crépines pour des mesures de conductivité électrique et de température les plus représentatives de l'aquifère possible. Les gammes de pression ont été choisies de manière à obtenir la meilleure précision dans les gammes de profondeurs mesurées. Les détails sont disponibles en Annexe 5.

Produit	Fournisseur	Paramètres	Télétransmission
ARC1-Tube + PR-36XW-CTD	Keller Druckmesstechnik AG	CTD	4G LTE-M

Tableau 2 – Caractéristiques des sondes installées

2.3 Installation du réseau

L'installation du réseau a été réalisée en deux fois, les 24.07.2025 et 01.10.2025 (Tableau 8). Les contacts pour les interventions sont disponibles en Annexe6. Lors de l'installation, les références de mesure des points d'eau ont été nivelées à l'aide d'un GPS différentiel. Les informations de mesure sont détaillées en Annexes 2, 3, 4 et 5. Le Service de l'environnement du canton de Fribourg s'est orienté vers la création d'un nouveau forage pour remplacer le piézomètre Fin de la Porta PZ2. Ce dernier n'a donc pas été instrumenté dans le cadre de ce mandat.

2.3.1 Les Mettraux F10/2

L'installation de la sonde dans ce piézomètre a été réalisée en prolongeant le piézomètre à l'aide d'un modificateur de diamètre étanche et d'un avant-tube de protection orange (Image 1). Les informations importantes sont présentées dans le tableau 3.

Les Mettraux F10/02		
Coordonnées	X	2557868.669
	Y	1164536.919
	Z ref	823.102
Précision coordonnées (m)	XY	0.012
	altitude	0.016
Hauteur hors-sol (m)		0.85
Référence de mesure		Sommet avant-tube
Clef cadenas		CA1

Tableau 3 – Caractéristiques Les Mettraux F10/02



Image 1 – Les Mettraux F10/02

2.3.2 Les Mettraux F19

L'installation de la sonde dans ce piézomètre a été réalisée en fabricant un support sur-mesure pour l'acquisiteur de mesure. L'avant-tube de protection d'origine a été utilisé (Image 2) et les données importantes sont disponibles dans le tableau 4.

Les Mettraux F19		
Coordonnées	X	2557968.458
	Y	1164930.684
	Z ref	818.693
Précision coordonnées (m)	XY	0.024
	altitude	0.034
Hauteur hors-sol (m)		0.82
Référence de mesure		Sommet avant-tube
Clef cadenas		CA1

Tableau 4 – Caractéristiques Les Mettraux F19



Image 2 – Les Mettraux F19

2.3.3 Tuffière F2

L'installation de la sonde dans ce piézomètre a été réalisée en ajoutant un avant-tube de protection rouge autour du tube métallique (Image 3). Les informations importantes sont présentées dans le tableau 5.

Tuffière F2		
Coordonnées	X	2574351.752
	Y	1177663.551
	Z ref	629.882
Précision coordonnées (m)	XY	0.011
	altitude	0.019
Hauteur hors-sol (m)		0.75
Référence de mesure		tube métallique
Clef cadenas		CA3

Tableau 5 – Caractéristiques Tuffière F2



Image 3 – Tuffière F2

2.3.4 Danaïdes D

L'installation de la sonde dans ce piézomètre a été réalisée en ajoutant un avant-tube de protection rouge autour du tube métallique (Image 4). Les informations importantes sont présentées dans le tableau 6.

Danaïdes D		
Coordonnées	X	2558752.741
	Y	1182689.006
	Z ref	498.053
Précision coordonnées (m)	XY	0.013
	altitude	0.022
Hauteur hors-sol (m)		0.97
Référence de mesure		tube métallique
Clef cadenas		CA4

Tableau 6 – Caractéristiques Danaïdes D



Image 4 – Danaïdes D

2.3.5 Horia F1

L'installation de la sonde dans ce piézomètre a été réalisée en enlevant la chambre de regard en béton, en installant un avant-tube de protection orange et en prolongeant le piézomètre 2 pouces (Image 5). Du gravier a été utilisé pour consolider l'installation et le piquet de signalisation a été redressé. Les informations importantes sont présentées dans le tableau 7.

Horia F1		
Coordonnées	X	2581571.769
	Y	1187621.848
	Z ref	608.479
Précision coordonnées (m)	XY	0.011
	altitude	0.017
Hauteur hors-sol (m)		0.56
Référence de mesure		Sommet avant-tube
Clef cadenas		CA2

Tableau 7 – Caractéristiques Horia F1



Image 5 – Horia F1

2.4 Mise à disposition des données

De manière transitoire jusqu'à la mise en œuvre opérationnelle de WISKI, une solution de publication et d'accès en ligne aux données d'observation du RHC sur le portail STRATES-VS, plateforme d'information sur les eaux souterraines développée par le CREALP pour le compte du Service de l'environnement du Canton du Valais. Cela inclut :

- La mise en place de l'infrastructure IT
- La configuration de la base de données associée (points d'observations, capteurs et mesures)
- La connexion des services de récupération et de bancarisation automatique des données (Transporter)
- La création d'un compte utilisateur
- La maintenance et le support de l'application

Cette prestation a été autorisée par Service de l'environnement du Canton du Valais pour l'utilisation dans le cadre du présent mandat des développements réalisés dans le cadre de l'implémentation de la plateforme STRATES-VS. Cette mise à disposition a été demandée pour une durée de 6 mois. Les données télétransmises sont disponibles sur la plateforme STRATES du canton du Valais pour les sondes installées, tel que résumé dans le tableau 8.

STATION_NM	Piézomètre	Date installation	Disponibilité données
Fin de la Porta	PZ2	-	
Les Mettraux	F10/02	01.10.2025	
Les Mettraux	F19	24.07.2025	
Tuffière	F2	24.07.2025	
Horia	F1	24.07.2025	
Danaïdes	D	24.07.2025	

Tableau 8 – Date d'installation et disponibilité des données sur le portail STRATES

3 Conclusion

La phase 2.2 était avait pour objectifs :

- de dimensionner, commander et tester les sondes à installer dans les piézomètres ;
- de préparer l'installation et d'installer les sondes ;
- de rendre accessibles les données via la plateforme STRATES (prestation initialement en option qui a été activée en cours de mandat)

Après une reconnaissance de terrain, les sondes CTD ont été commandées et testées au CREALP. Ces sondes ont ensuite été installées dans les 5 piézomètres identifiés, le 6ème piézomètre devra être instrumenté quand il sera réalisé. Des mesures *in situ* ont également été effectuées et le repère de mesure a été nivelé pour une suite de maintenance systématique. Sur certains points, il a été nécessaire d'effectuer des installations complémentaires (avant tubes, remise à niveau de la chambre béton). Les données télétransmises pour les sondes du RHC sont provisoirement disponibles et téléchargeables depuis la plateforme STRATES.

4 Annexes

Annexe 1. Photos de l'état initial



Etat initial Tuffière F2



Etat initial Les Mettraux F19



Etat initial Horia F1



Etat initial Danaïdes D



Etat initial Fin de la Porta – PZ2



Etat initial Les Mettraux F10/02

Annexe 2. Données de base des piézomètres

STATION_NM	Piézomètre	Coordonnées			Référence de mesure	Hauteur hors-sol (m)	Clef cadenas
		<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z ref (m)</i>			
Les Mettraux	F10/02	2557868.669	1164536.919	823.102	Sommet avant-tube	0.85	CA1
Les Mettraux	F19	2557968.458	1164930.684	818.693	Sommet avant-tube	0.82	CA1
Tuffière	F2	2574351.752	1177663.551	629.882	Tube métallique	0.75	CA3
Horia	F1	2581571.769	1187621.848	608.479	Sommet avant-tube	0.56	CA2
Danaïdes	D	2558752.741	1182689.006	498.053	Tube métallique	0.97	CA4

Annexe 3. Informations sur les sondes installées et détails de la programmation

STATION_NM	Piézomètre	Sonde_NR	Longueur câble (m)	IMEI (numéro unique)	Pas de temps de mesure	Fréquence télétransmission
Les Mettraux	F10/02	5128	5	+353081091956550	horaire	journalier
Les Mettraux	F19	5127	10	+353081091955768	horaire	journalier
Tuffière	F2	5129	13	+350195686247465	horaire	journalier
Horia	F1	5131	26	+350195686256417	horaire	journalier
Danaïdes	D	5130	29	+350195686256748	horaire	journalier

Annexe 4. Données mesurées lors de l'installation

STATION_NM	Piézomètre	Installation		Mesures manuelles					Mesures automatiques		
		Date	Heure	Niveau d'eau	Niveau d'eau	Température	Conductivité électrique	Profondeur forage	Pression	Température	Conductivité électrique
				<i>m (depuis ref)</i>	<i>m</i>	°C	<i>µS/cm à 25°C</i>	<i>m (depuis ref)</i>	<i>mH2O</i>	°C	<i>µS/cm (brute)</i>
Les Mettraux	F10/02	01.10.2025	10:48	3.78	819.32	10.8	301	6.6	1.56	10.7	297
Les Mettraux	F19	24.07.2025	09:41	1.52	817.17	9.8	472	30.0	7.95	9.3	330
Tuffière	F2	24.07.2025	08:42	10.96	618.92	11.2	631	13.6	2.27	10.5	420
Horia	F1	24.07.2025	15:16	23.06	585.42	11.2	761	30.9	3.43	10.4	500
Danaïdes	D	24.07.2025	12:12	22.76	475.30	10.9	486	36.6	6.59	10.4	330

STATION_NM	Piézomètre	Diamètres externes			Profondeur de la sonde	Altitude de la sonde
		tube piezo	tube métal	avant tube		
		<i>mm</i>			<i>m / zref</i>	<i>m</i>
Les Mettraux	F10/02	125	-	160	5.34	817.76
Les Mettraux	F19	125	-	140	9.47	809.22
Tuffière	F2	pas mesurable	127	200	13.23	616.65
Horia	F1	pas mesurable	-	160	26.49	581.99
Danaïdes	D	pas mesurable	135	200	29.35	468.71

Annexe 5. Information sur les sondes

Type	Piézomètre à équiper	Sondes [n]	Type sonde	Gamme de mesure H (m)	Longueur câble (m)
PIEZO	PZ2	1	Keller avec télétransmission 4G : ARC1-Tube + PR-36XW-CTD 4G LTE-M	0-10	10
PIEZO	F10/02	1		0-10	5
PIEZO	F19=F15/1	1		0-10	10
PIEZO	F2	1		0-10	13
PIEZO	F1	1		0-10	26
PIEZO	D	1		0-10	29

Annexe 6. Informations existantes sur les crépines

Piézomètre à équiper	Profondeur de la crépine sur la base des rapports à disposition (m)	Remarque
PZ2	Inconnue	
F10/02	2 à 6	fiche technique Geotest et LOG non concordants
F19=F15/1	5 à 28.5	
F2	Dès 10	
F1	Dès 2	
D	Dès 25	

Annexe 7. Contacts

STATION	Piézomètre	Contact
Les Mettraux	F10/02	Commune de Siviriez. Julien Remy, Fontainier communal et Chef de voirie +41 79 508 39 06 voirie@siviriez.ch
	F19	
Tuffière	F2	Pas de contact (possibilité d'y aller sans s'annoncer)
Horia	F1	Contact via SEn Fribourg
Danaïdes	D	Pas de contact (possibilité d'y aller sans s'annoncer)