

CSD INGÉNIEURS SA

Route Jo-Siffert 4 - Givisiez

Case postale

CH-1701 Fribourg

+41 26 460 74 74

fribourg@csd.ch

www.csd.ch

CSDINGENIEURS 
INGÉNIEUX PAR NATURE



Ancienne décharge de la Pila

Crues de la Sarine - 2023

Note concernant les effets des crues sur le site

Givisiez, le 15 janvier 2024 / FCH000429.03

Table des matières

1	Crues 2023	1
1.1	Crue artificielle d'octobre	1
1.1.1	<i>Description</i>	1
1.1.2	Dossier photos	2
1.2	Crue exceptionnelle de novembre	4
1.2.1	<i>Description</i>	4
1.2.2	Dossier photo	4
1.2.3	Mesures et contrôles effectués durant et après la crue	6
1.2.4	Effets de la crue	6
1.3	<i>Crue de décembre</i>	9
1.3.1	<i>Description</i>	9
1.3.2	Dossier photo	9
1.3.3	Mesures et contrôles effectués durant et après la crue	10
1.3.4	Effets de la crue	10
2	Conclusion - Recommandations	11
3	Disclaimer	12

Liste des figures

Figure 1:	Niveau de la Sarine en novembre 2023 – sonde Sarine à la Pila.....	6
Figure 2:	Extrait du plan de reconstitution de la berge du 06.02.2014, avec niveau de la Sarine atteint lors de la crue de novembre 2023	7
Figure 3 :	Points de prélèvement (piézomètres, puits de pompage) ; La Pila : périmètre violet ; confinement – palplanches en rouge.....	8
Figure 4 :	Résultats d'analyses des eaux souterraines du 29.11.2023 à l'aval de la zone basse (extrait rapport laboratoire Wessling)	9

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Crues de la Sarine 2023.....	1
-------------	------------------------------	---

Liste des annexes

Annexe A	Rapport Geosud SA - Contrôle de la stabilité de la paroi de palplanches
Annexe B	Rapports d'analyses sur les capteurs passifs de l'EMPA de novembre 2023

1 Crues 2023

L'ancienne décharge de la Pila, les ouvrages réalisés dans le cadre des mesures préliminaires à l'assainissement, ainsi que la Sarine entre l'usine hydroélectrique de Hauterive et l'embouchure de la Gérine font l'objet d'une surveillance continue.

En cas de crue de la Sarine, un suivi supplémentaire est prévu afin de documenter l'effet des crues sur le site et définir des mesures correctives en cas de problème.

Trois crues ont eu lieu en 2023, dont la crue exceptionnelle de novembre. Les dates des crues, débits maximaux à la Pila et temps de retours estimés sont présentés dans le tableau ci-dessous. Pour mémoire, la dernière crue importante, avec un déversement de 300 m³/s au barrage de Rossens en juillet 2021.

	Dates	Débit maximal à la Pila [m ³ /s]*	Tr estimé (Station mesure Fribourg)
Crue artificielle - Octobre	3 octobre	210	< 2 ans
Crue novembre	14-15 novembre	690	Env. 100 ans
Crue décembre	12-13 décembre	320	Env. 10 ans

* Selon hydrique fribourg.swissrivers.ch (calculé depuis débit [Sar8 Sar10] – débit [Gerine-2])

Tableau 1 : Crues de la Sarine 2023

La présente note est établie à la demande du Service de l'environnement (autorité de surveillance) et du Service des ponts et chaussées (maître d'ouvrage). Elle présente les contrôles effectués et l'effet des crues en lien avec la Pila. Elle sera annexée aux rapports de suivi 2023 et alimentera la réponse des autorités à certaines questions parlementaires du 14.12.2023 concernant la crue exceptionnelle de novembre. Extrait :

« 1. La décharge de la Pila a-t-elle été négativement impactée par les inondations historiques du 15 novembre 2023 ? Si oui, de quelle manière et, si non, grâce à quelles mesures préventives ?

2. A la suite de cette crue, des analyses ont-elles été effectuées en aval de la Pila pour vérifier le taux de mercure, PCB, de métaux lourds et de déchets (bris de verre, parpaings, ferrailles) ? Si oui, quels sont les résultats de ces analyses et, si non, pourquoi de telles mesures n'ont-elles pas été prises ? »

1.1 Crue artificielle d'octobre

1.1.1 Description

La crue d'octobre est une crue artificielle réalisée dans le but de redynamiser la petite Sarine. Une crue de cette ampleur est survenue à plusieurs reprises ces dernières années.

Des contrôles visuels site ont été effectués sur les berges de la Sarine durant et après la crue.

Le fonctionnement des systèmes automatiques mis en place dans le cadre des mesures préliminaires à l'assainissement - soit le pompage des eaux souterraines vers la station de traitement ainsi que le contrôle des niveaux d'eau - ont également été vérifiés régulièrement durant cet événement.

Aucune conséquence particulière n'a été constatée lors de cet événement.

1.1.2 Dossier photos



03.10 - Crue



03.10 - Crue



03.10 - Décrue



03.10 - Décrue



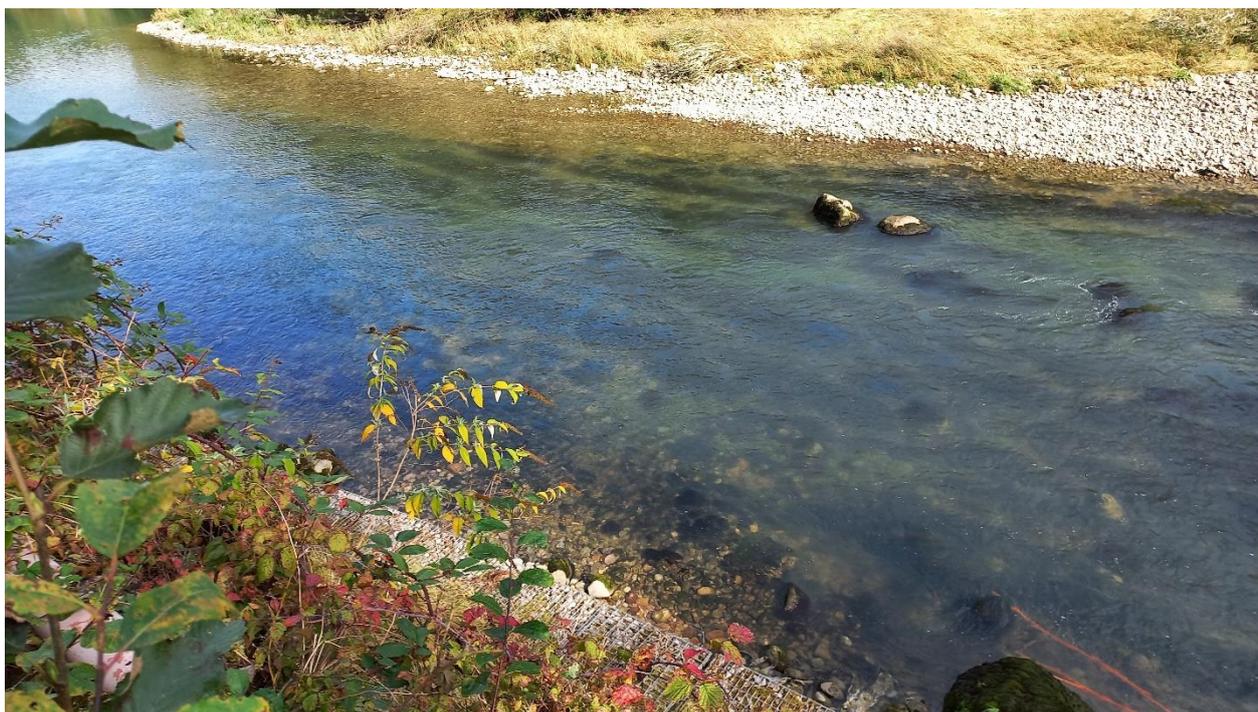
05.10 – Après crue



05.10 – Après crue



05.10 – Après crue



05.10 – Après crue

1.2 Crue exceptionnelle de novembre

1.2.1 Description

La crue de novembre est une crue exceptionnelle due aux conditions météorologiques. Une crue de cette ampleur n'était encore jamais survenue depuis la réalisation des mesures préliminaires à l'assainissement de la Pila, c'est-à-dire depuis la mise en place du confinement par des palplanches de la zone exposée de la décharge ainsi que l'assainissement de la berge (travaux réalisés entre 2012 et 2014).

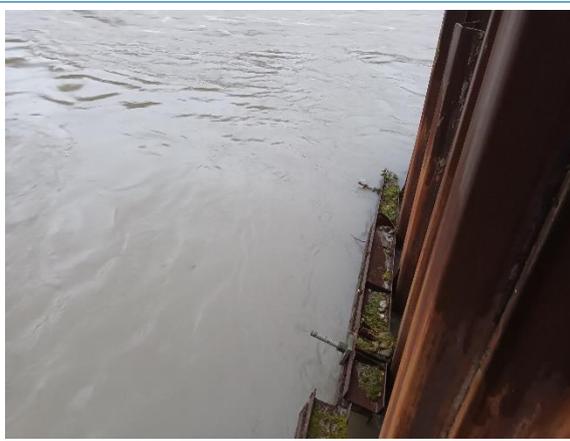
Des contrôles visuels site ont été effectués sur les berges de la Sarine durant et après la crue.

Le fonctionnement des systèmes automatiques mis en place dans le cadre des mesures préliminaires à l'assainissement - soit le pompage des eaux souterraines vers la station de traitement ainsi que le contrôle des niveaux d'eau - ont également été vérifiés régulièrement durant cet événement.

1.2.2 Dossier photo



15.11 - Crue



15.11 - Crue



15.11 – Crue



15.11 – Crue



25.11 – Après crue



25.11 – Après crue



25.11 – Après crue



05.12 – Après crue

1.2.3 Mesures et contrôles effectués durant et après la crue

Durant la crue :

Contrôle visuel de la berge et de la paroi de palplanches

Suivi à distance des niveaux de la Sarine et des eaux souterraines

Suivi du fonctionnement des pompes et de la station de traitement - Démarrage des pompes supplémentaires PP3 et PP4

Après la crue :

Contrôle visuel de la berge et de la paroi

Selon le cahier des charges du suivi d'exploitation des mesures préliminaires : Contrôle géométrique de la paroi par le bureau Geosud

Selon le cahier des charges de la surveillance du site et de la Sarine : Mesure des PCB dans la Sarine par capteurs passifs

Echantillonnage et analyses supplémentaires de l'ammonium et des PCB dans les eaux souterraines à l'aval de la zone basse de la décharge

1.2.4 Effets de la crue

Le niveau maximal de la Sarine est resté en dessous du niveau du confinement partiel. Le haut de la paroi de palplanches est à une altitude minimale de 570m sur la quasi-totalité de sa longueur. Les niveaux maximaux de la Sarine lors de crues exceptionnelles avec un temps de retour de 100 ans ont été considérés pour le dimensionnement, et une marge a été ajoutée. Des modélisations et/ou des mesures de terrain des crues de 2005 et 2007 avaient notamment été utilisées.

A l'entrée du confinement partiel, sur la largeur de la piste, le niveau des palplanches est de 569.35m afin de permettre le passage des véhicules. Un dispositif de fermeture, disponible sur place, pourrait être installé en cas d'évènement extrême.

Les données de la sonde de niveau installée dans la Sarine au droit de la Pila montrent que le niveau maximal atteint par la crue a été d'environ 569m durant quelques dizaines de minutes au plus, autour de 3h la nuit du 15.11. Notons également que cette sonde, située en rive gauche au niveau du puits de pompage PP3, n'a pas bougé durant la crue.

Sur la base de ces données représentées sur les figures suivantes, corroborées par les observations de terrain du 15 novembre, on voit que la Sarine n'a pas « débordé » dans l'enceinte du confinement partiel de la décharge.

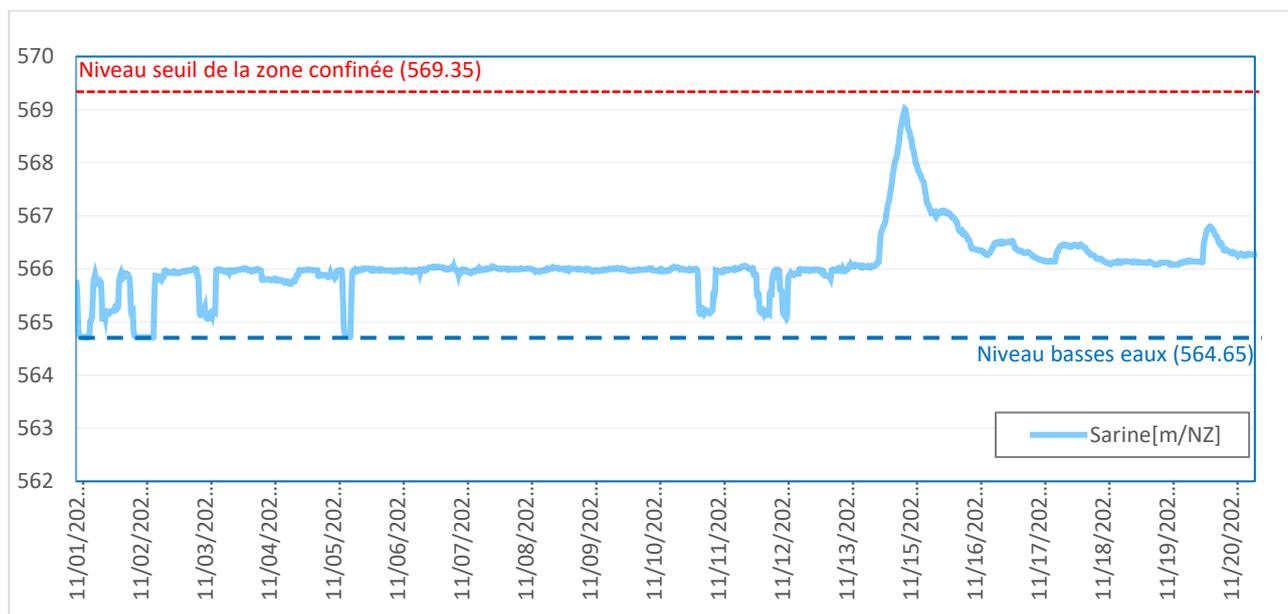


Figure 1: Niveau de la Sarine en novembre 2023 – sonde Sarine à la Pila

COUPE SECTEUR C

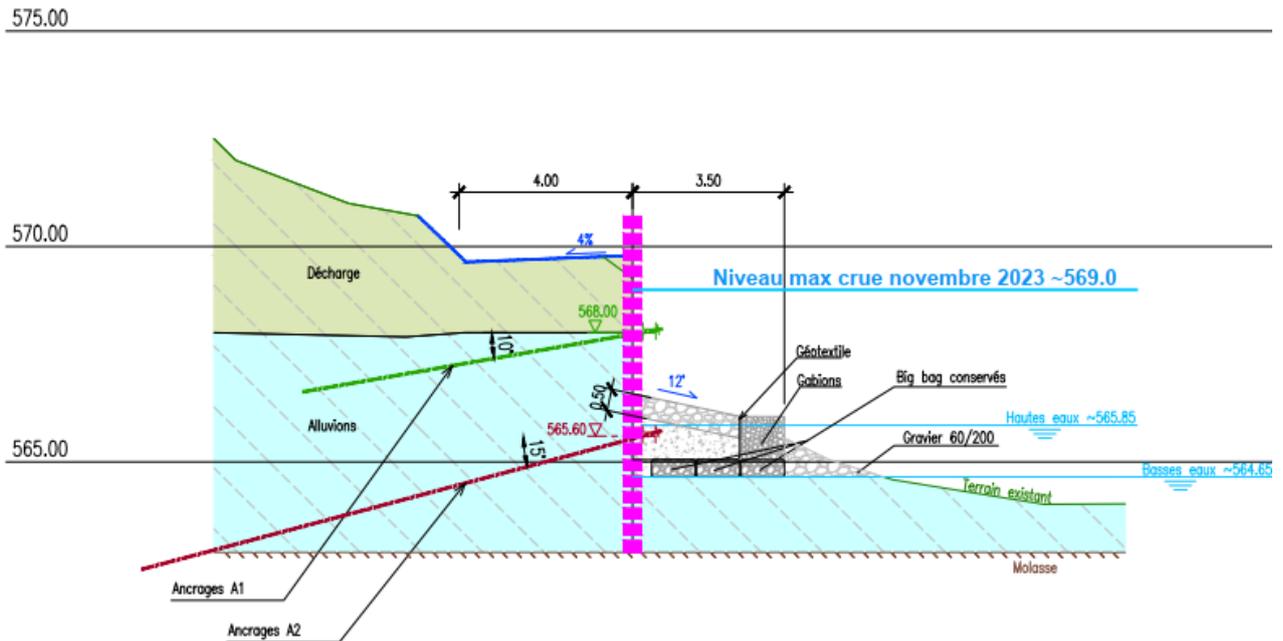


Figure 2: Extrait du plan de reconstitution de la berge du 06.02.2014, avec niveau de la Sarine atteint lors de la crue de novembre 2023

La rivière n'a donc pas atteint et érodé les matériaux solides pollués du corps de la décharge durant cette crue et seule la berge artificielle non polluée a été impactée.

Dû aux conditions météo, une grande quantité d'eau est arrivée vers la zone confinée (ruissellement/infiltration). Dans l'emprise du confinement partiel, 2 pompes (PP1 et PP2) fonctionnent quasiment en continu pour acheminer les eaux polluées vers la station de traitement. Les pompes supplémentaires disponibles (PP3 et PP4) ont été enclenchées de manière préventive afin d'augmenter la capacité de pompage des eaux souterraines.

Il a été constaté après la décrue que l'érosion durant cette crue avait déchaussé certains gabions de la berge situés devant les palplanches (configuration des gabions similaires à la coupe type ci-dessus). Cette berge n'a pas de fonction pour la stabilité de la paroi de palplanches, mais est utile principalement pour des questions d'accès et d'entretien de la paroi.

Des travaux de remise en état de cette berge, dans le but limiter l'effet domino dans ce secteur de berge et de pérenniser l'accès extérieur à la paroi, seront réalisés au début 2024. La réalisation de ces travaux est prévue en condition de basses eaux de la Sarine. Un arrêt temporaire du turbinage à l'usine d'Hauterive devra être planifié en collaboration avec Groupe e durant une période hydrologique favorable (peu de précipitations, pas de fonte des neiges).

Différentes mesures réalisées selon les cahiers des charges de suivi du site permettent de vérifier l'impact éventuel de cette crue :

- Le contrôle géométrique de la paroi effectué par Geosud le 5.12.2023 avec les conclusions suivantes (rapport en annexe)
 - o « Planimétrie : Compte tenu des écarts mesurés et de leur direction, nous constatons qu'aucun mouvement significatif n'est mis en évidence et que la paroi de palplanches est stable. »
 - o « Altimétrie : Les écarts altimétriques constatés sont faibles. Nous pouvons à nouveau assurer qu'il n'y a aucun tassement de la paroi de palplanches. »

Le contrôle géométrique est effectué 2 fois par année depuis 2016, en juin et en décembre.

Ceci confirme que le confinement du site a fonctionné durant cette crue et que sa stabilité n'est pas menacée à la suite de cet évènement exceptionnel.

- Des capteurs passifs pour mesure des PCB dans la Sarine étaient en place durant la crue (rapport de mesure en annexe). Des capteurs passifs sont installés dans la Sarine depuis 2010 ; 2 fois par année depuis 2016. En raison de la crue, seuls les capteurs situés à l'amont et à l'aval immédiat de la Pila ont été retrouvés.

Les mesures de novembre 2023 dans les capteurs situés à l'aval immédiat de la Pila ne montrent pas de différences significatives par rapport aux trois mesures précédentes de juin 2022, octobre 2022 et juin 2023.

- Des échantillonnages et analyses d'eaux souterraines à l'aval de la zone basse de la décharge ont été effectuées après la crue, le 29 novembre 2023. Les concentrations en ammonium et en PCB mesurées sont inférieures à la valeur de concentration OSites pour F61-16 et Piézo-bleu & inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour F60-16 et F27-08.

La situation des points de prélèvements et les résultats d'analyses sont présentés ci-dessous.



Figure 3 : Points de prélèvement (piézomètres, puits de pompage) ; La Pila : périmètre violet ; confinement – palanches en rouge

Rapport no. ULS23-011131-1
Lyss, le 11.12.2023

Désignation d'échantillon			F61-16	F60-16	Piézo bleu	F27-08
N° d'échantillon	Unité	LQ	23-171021-01	23-171021-02	23-171021-03	23-171021-04
Cations, anions et éléments non métalliques						
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	0.01	0.042	<0.01	0.027	<0.01
Substances organiques moyennement et peu volatiles						
PCB						
PCB n° 28	µg/l E/L	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PCB n° 52	µg/l E/L	0.002	0.008	<0.002	0.003	<0.002
PCB n° 101	µg/l E/L	0.002	0.006	<0.002	0.002	<0.002
PCB n° 118	µg/l E/L	0.002	0.003	<0.002	<0.002	<0.002
PCB n° 153	µg/l E/L	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PCB n° 138	µg/l E/L	0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PCB n° 180	µg/l E/L	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Somme des 7 PCB	µg/l E/L		0.019	-/-	0.005	-/-
Somme des 6 PCB	µg/l E/L		0.016	-/-	0.005	-/-
Somme des 6 PCB (x4,3)	µg/l E/L		0.0688	-/-	0.0215	-/-

Figure 4 : Résultats d'analyses des eaux souterraines du 29.11.2023 à l'aval de la zone basse (extrait rapport laboratoire Wessling)

1.3 Crue de décembre

1.3.1 Description

La crue de décembre est une crue exceptionnelle due aux conditions météorologiques. Elle fait suite à celle de novembre mais son ampleur est nettement moindre.

Des contrôles visuels site ont été effectués sur les berges de la Sarine durant et après la crue.

Le fonctionnement des systèmes automatiques mis en place dans le cadre des mesures préliminaires à l'assainissement - soit le pompage des eaux souterraines vers la station de traitement ainsi que le contrôle des niveaux d'eau - ont également été vérifiés régulièrement durant cet évènement.

1.3.2 Dossier photo



13.12 - Crue



13.12 - Crue



13.12 – Crue



13.12 – Crue

1.3.3 Mesures et contrôles effectués durant et après la crue

Durant la crue :

Contrôle visuel de la berge et de la paroi

Suivi à distance des niveaux de la Sarine et des eaux souterraines

Suivi du fonctionnement des pompes et de la station de traitement - Démarrage d'un pompe supplémentaire dans le puits PP3

Après la crue :

Contrôle visuel de la berge et de la paroi

1.3.4 Effets de la crue

Cette crue étant moins importante que celle de novembre, l'impact du niveau de la Sarine n'est pas plus important.

Toutefois, la berge déjà déstabilisée n'ayant pas pu être remise en état entre les 2 évènements, l'érosion a progressé. 3 gabions ont basculé et seront remis en place lors d'une intervention début 2024.

2 Conclusion - Recommandations

La crue de novembre 2023 était un évènement exceptionnel, du même ordre que la crue de 2005.

Le confinement partiel mis en place entre 2011 et 2014 dans le cadre des mesures préliminaires à l'assainissement du site de la Pila a montré son efficacité.

La paroi de palplanches constitue une barrière physique qui empêche toute exportation de matériaux solides et de déchets dans la Sarine. Le niveau maximal de la Sarine atteint durant la crue de novembre 2023 n'a pas dépassé les palplanches, ni atteint les déchets. Dans l'emprise des palplanches, les 4 puits de pompage des eaux souterraines ont fonctionné et les eaux potentiellement polluées ont transité dans la station de traitement.

Seule la zone extérieure aux palplanches, constituée de la berge préalablement assainie, a subi des dommages, avec le basculement de quelques gabions. Ces dommages ne remettent pas en cause la stabilité de l'ouvrage, mais seront réparés lors d'une intervention ultérieure en période de basses eaux.

Les capteurs passifs qui étaient en place à l'amont et à l'aval immédiat de la Pila et qui ont pu être récupérés après la crue ont montré des concentrations en PCB similaires aux dernières mesures.

Sur le solde du périmètre de la décharge (zone basse), les eaux de surface ne sont pas susceptibles d'atteindre les déchets lors d'un évènement exceptionnel.

En cas de crue, les débits plus importants de la Petite Sarine conduisent à une augmentation du niveau des eaux souterraines dans l'emprise de la décharge. Des échantillonnages et analyses supplémentaires des eaux souterraines à l'aval de la zone basse de la décharge ont été effectués après la crue. Les concentrations en ammonium et en PCB sont inférieures à la valeur de concentrations OSites, comme c'est le cas pour l'ensemble des résultats de la surveillance OSites depuis 2016.

Sur la base des suivis, mesures et analyses effectuées, nous constatons que la crue exceptionnelle de novembre 2023 n'a conduit à aucun apport de déchets dans la Sarine en lien direct avec l'ancienne décharge de la Pila.

L'ensemble des analyses effectuées dans le cadre des suivi habituels ou durant les crues seront intégrés dans les rapports concernant l'année 2023. La présente note sera annexée au rapport de suivi des mesures préliminaires à l'assainissement 2023

Les données recueillies pourront également être valorisées dans le cadre des réflexions au sujet de la maintenance et de l'évolution des ouvrages en place, selon les étapes de développement du projet d'assainissement.

Impressum

Givisiez, le 15 janvier 2024

CSD INGÉNIEURS SA

pp. Sébastien Paratte
Chef de projet

er. Joaquim Perrenoud
Collaborateur de projet

3 Disclaimer

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

CSD se fonde sur les prémisses que :

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

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

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

Annexe A Rapport Geosud SA - Contrôle de la stabilité de la paroi de palplanches

Commune de Hauterive

ANCIENNE DÉCHARGE DE LA PILA

Exploitation des mesures préliminaires 2023 – 2026

Contrôle de la stabilité de la paroi de palplanches

Rapport après les mesures de l'état 15 du 5 décembre 2023

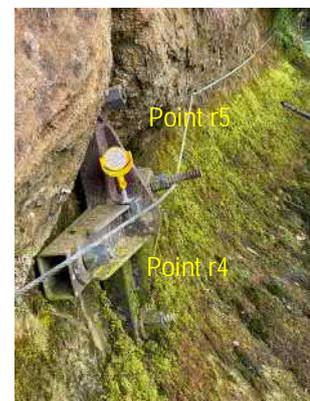
1. But des mesures et matérialisation des points

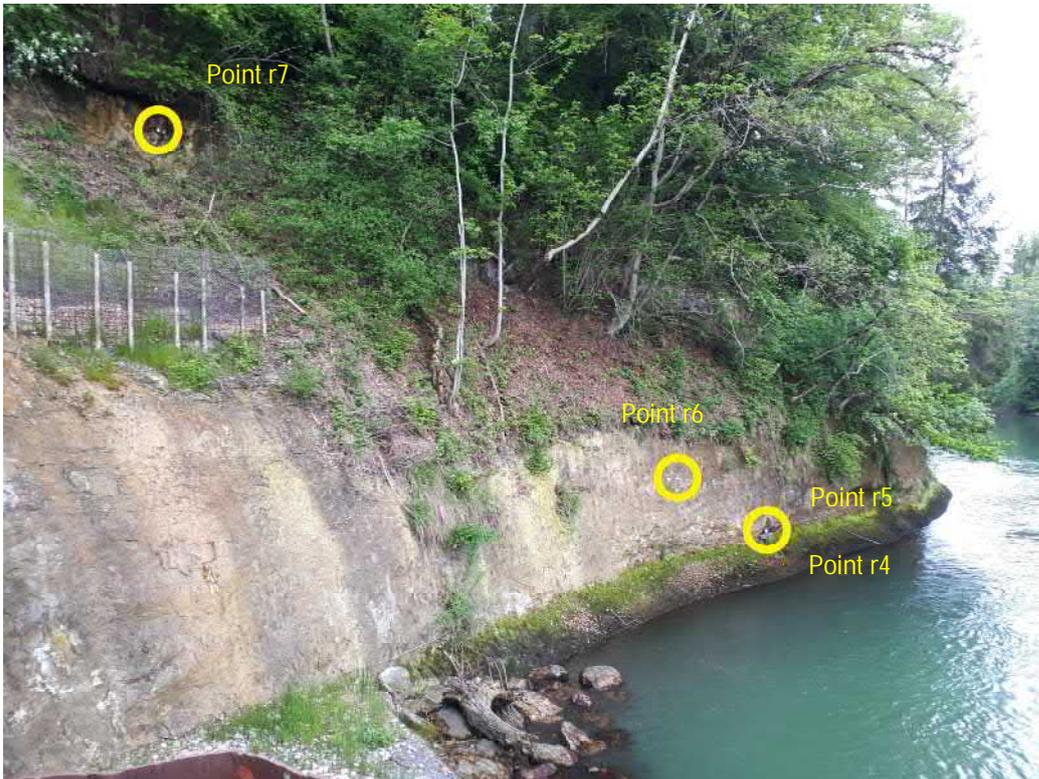
Le but des mesures est le contrôle de la stabilité de la paroi de palplanches permettant de confiner la décharge vis-à-vis de la Sarine.

11 points de contrôle ont été matérialisés initialement sur la paroi de palplanches au moyen de pièces métalliques vissées sur leur tête. Ces pièces métalliques supportent un embout qui permet d'insérer un prisme lors des mesures, assurant une très grande précision de la position des points à contrôler. Comme déjà relevé lors des rapports précédents, le point (c12) a été détruit durant le premier semestre 2022.

Pour servir de points de référence considérés comme fixes ou comme points permettant d'améliorer la géométrie du réseau, d'autres points ont été matérialisés initialement sur deux tuyaux en béton de protection des puits de pompage, sur un bloc en béton ou scellés dans la paroi en molasse à l'ouest de notre système de contrôle.

Le réseaux s'appuie sur les points fixes (r1, r5, c1) encore existants depuis le début des contrôles ainsi que sur les nouveaux points fixes dans la paroi en molasse (r6, r7) déterminés lors du dernier contrôle de juin 2023. Le point fixe r4 n'était pas visible avec le niveau de l'eau au jour des mesures.





2. Mesures effectuées à ce jour

Etat 0 / été / 29 juin 2016

Etat 3 / hiver / 19 décembre 2017

Etat 6 / été / 11 juin 2019

Etat 9 / hiver / 27 novembre 2020

Etat 12 / été / 29 juin 2022

Etat 15 / hiver / 5 décembre 2023

Etat 1 / hiver / 5 décembre 2016

Etat 4 / été / 22 juin 2018

Etat 7 / hiver / 9 décembre 2019

Etat 10 / été / 6 juillet 2021

Etat 13 / hiver / 13 décembre 2022

Etat 2 / été / 26 juin 2017

Etat 5 / hiver / 5 décembre 2018

Etat 8 / été / 20 juillet 2020

Etat 11 / hiver / 16 décembre 2021

Etat 14 / été / 19 juin 2023

3. Points de référence et précision des mesures

La forme du réseau reste tout en longueur le long de la Sarine et le manque de possibilité d'installer des points fixes durables ne débouchent pas sur une configuration idéale.

Les points supplémentaires déterminés en juin permettent néanmoins de renforcer la sécurité des mesures à cette extrémité de la paroi de palplanches.

Les mesures ont été effectuées au moyen d'un tachéomètre de précision robotisé Leica TS16. Cet appareil nous donne une précision angulaire de 0.3 mgr et une précision sur la distance de 1mm + 1.5ppm (prisme) et 2mm + 2ppm (laser).

Lors de chaque stationnement, trois séries de tours d'horizon ont été effectuées dans les deux positions de la lunette de l'appareil. Chaque point a également été mesuré depuis 2 stationnements au minimum. Le calcul du réseau par moindres carrés a été réalisé au moyen du programme de compensation LTOP.

4. Résultats

Un tableau présentant les coordonnées et altitudes des points mesurés, ainsi que la valeur des écarts calculés, est annexé au présent rapport. Un plan des vecteurs des déplacements planimétriques est également joint.

Planimétrie

Compte tenu des écarts mesurés et de leur direction, nous constatons qu'aucun mouvement significatif n'est mis en évidence et que la paroi de palplanches est stable.

Les écarts calculés par rapport à l'état précédent varient de 1.3 mm pour le point (c10) à 5.3 mm pour le point (c7).

Des écarts planimétriques plus importants de 5.6 mm et 7.1 mm ont été relevés sur les points (pp3) et (pp4). Il faut juste rappeler que ces points ne sont pas considérés comme fixes et ne sont utilisés que pour améliorer la géométrie du réseau.

Altimétrie

Les écarts altimétriques constatés sont faibles. Nous pouvons à nouveau assurer qu'il n'y a aucun tassement de la paroi de palplanches.

5. Prochaines mesures

Les prochaines mesures sont prévues en juin 2024.

Jonas Clerc
Ingénieur géomètre officiel

Bulle, le 11 décembre 2023

Commune

HAUTERIVE

Etabli le 6 décembre 2023

Echelle

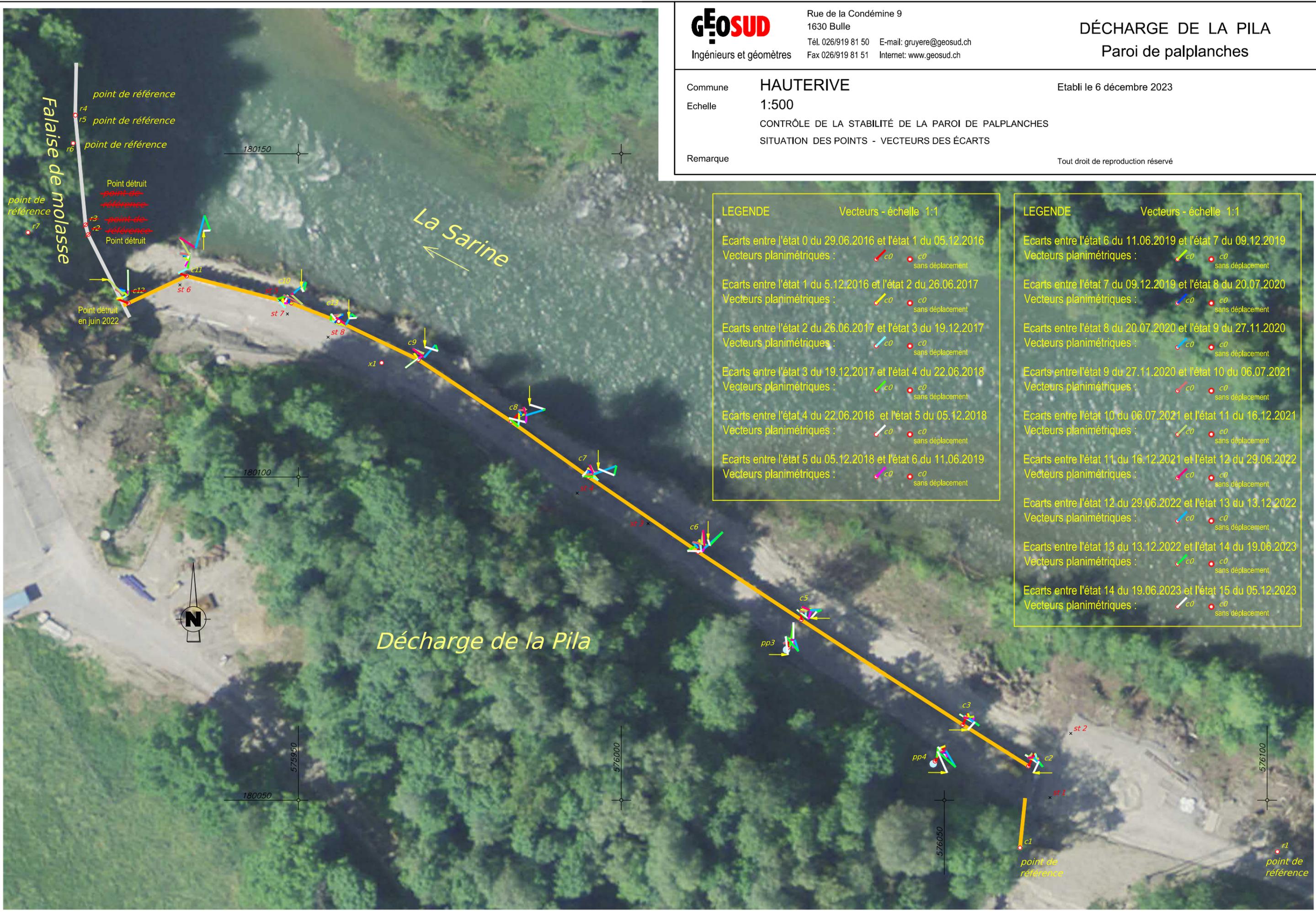
1:500

CONTRÔLE DE LA STABILITÉ DE LA PAROI DE PALPLANCHES

SITUATION DES POINTS - VECTEURS DES ÉCARTS

Remarque

Tout droit de reproduction réservé



LEGENDE Vecteurs - échelle 1:1

Ecarts entre l'état 0 du 29.06.2016 et l'état 1 du 05.12.2016
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 1 du 5.12.2016 et l'état 2 du 26.06.2017
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 2 du 26.06.2017 et l'état 3 du 19.12.2017
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 3 du 19.12.2017 et l'état 4 du 22.06.2018
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 4 du 22.06.2018 et l'état 5 du 05.12.2018
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 5 du 05.12.2018 et l'état 6 du 11.06.2019
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

LEGENDE Vecteurs - échelle 1:1

Ecarts entre l'état 6 du 11.06.2019 et l'état 7 du 09.12.2019
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 7 du 09.12.2019 et l'état 8 du 20.07.2020
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 8 du 20.07.2020 et l'état 9 du 27.11.2020
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 9 du 27.11.2020 et l'état 10 du 06.07.2021
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 10 du 06.07.2021 et l'état 11 du 16.12.2021
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 11 du 16.12.2021 et l'état 12 du 29.06.2022
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 12 du 29.06.2022 et l'état 13 du 13.12.2022
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 13 du 13.12.2022 et l'état 14 du 19.06.2023
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

Ecarts entre l'état 14 du 19.06.2023 et l'état 15 du 05.12.2023
Vecteurs planimétriques : c0 c0 sans déplacement

ANCIENNE DECHARGE DE LA PILA
Exploitation des mesures préliminaires 2019 - 2023
Contrôle de la stabilité de la paroi de palplanches

RESULTATS DES MESURES GEODESIQUES

MOUVEMENTS DES POINTS

Classe	Type repère	No point	ETAT 0 29 juin 2016			ETAT 1 5 décembre 2016			Mouvement de l'Etat 0 du 29.06.2016 à l'Etat 1 du 05.12.2016		
			Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]
Point de référence	boulon CFF sur socle béton	r1	576101.619	180042.045	570.065						
Point de référence	boulon CFF dans falaise	r2	575917.446	180137.514	567.310						
Point de référence	boulon CFF dans falaise	r3	575917.047	180139.024	567.389						
Point de référence	axe boulon cadre métal	r4	575915.449	180156.028	566.541						
Point de référence	cible sur pièce métallique	r5	575915.482	180155.967	566.366						
Point de référence	cible sur goujon falaise	r6	575915.129	180151.636	568.615						
Point de référence	cible sur goujon falaise	r7	575908.139	180137.836	579.283						
Point de référence	boulon CFF sur palplanche	c1	576061.734	180042.654	573.667						
Point sur palplanche	boulon CFF	c2	576063.047	180055.288	571.566	576063.049	180055.292	571.566	4.2	29.51	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c3	576052.894	180061.686	571.414	576052.896	180061.689	571.414	3.8	27.29	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c5	576027.871	180077.916	571.198	576027.871	180077.919	571.197	3.1	395.90	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c6	576011.893	180088.425	570.898	576011.894	180088.429	570.897	3.8	6.67	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c7	575994.942	180100.016	570.445	575994.942	180100.019	570.444	2.8	393.21	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c8	575982.939	180108.608	570.253	575982.942	180108.611	570.252	3.5	49.99	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c9	575968.576	180118.157	570.730	575968.574	180118.158	570.728	2.3	361.82	-2
Point sur palplanche	boulon CFF	c10	575948.889	180126.896	570.966	575948.886	180126.897	570.965	3.0	331.46	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c11	575932.682	180131.089	571.448	575932.680	180131.090	571.446	2.2	324.25	-2
Point sur palplanche	boulon CFF	c12	575923.665	180126.888	571.912	575923.661	180126.890	571.911	3.9	323.63	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c13	575956.248	180124.069	570.742	575956.246	180124.070	570.740	1.6	311.84	-2
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp3	576025.870	180073.677	570.323	576025.870	180073.680	570.322	2.8	0.00	-1
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp4	576048.583	180056.038	569.486	576048.586	180056.042	569.486	5.6	37.11	0

< point de référence r2 détruit avant mesures de l'état 13
< point de référence r3 détruit avant mesures de l'état 3

< nouveau point déterminé lors de l'état 14
< nouveau point déterminé lors de l'état 14
< nouveau point déterminé lors de l'état 14

MOUVEMENTS DES POINTS

MOUVEMENTS DES POINTS

Classe	Type repère	No point	ETAT 12 29 juin 2022			Mouvement de l'Etat 0 du 29.06.2016 à l'Etat 12 du 29.06.2022			Mouvement de l'Etat 11 du 16.12.2021 à l'Etat 12 du 29.06.2022		
			Y [m]	X [m]	H [m]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]
Point sur palplanche	boulon CFF	c2	576063.048	180055.290	571.568	3.1	36.85	2	1.8	99.96	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c3	576052.896	180061.687	571.417	2.7	49.98	2	1.7	114.68	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c5	576027.874	180077.919	571.200	4.0	46.64	2	2.6	125.11	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c6	576011.895	180088.427	570.900	2.3	65.57	2	5.5	195.38	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c7	575994.944	180100.017	570.448	1.7	68.78	2	3.1	176.91	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c8	575982.944	180108.610	570.255	5.0	75.05	2	2.5	181.93	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c9	575968.577	180118.157	570.732	1.9	76.36	2	4.4	140.66	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c10	575948.889	180126.899	570.968	3.2	16.07	2	0.9	70.42	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c11	575932.685	180131.098	571.450	9.1	19.82	2	5.9	136.82	2
Point sur palplanche	boulon CFF	c12	point détruit par les travaux								
Point sur palplanche	boulon CFF	c13	575956.250	180124.068	570.744	2.4	127.14	2	3.7	140.27	1
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp3	576025.872	180073.679	570.323	3.0	45.55	0	2.5	97.43	0
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp4	576048.587	180056.041	569.485	4.7	51.92	-1	2.1	81.42	0

MOUVEMENTS DES POINTS

MOUVEMENTS DES POINTS

Classe	Type repère	No point	ETAT 13 13 décembre 2022			Mouvement de l'Etat 0 du 29.06.2016 à l'Etat 13 du 13.12.2022			Mouvement de l'Etat 12 du 29.06.2022 à l'Etat 13 du 13.12.2022		
			Y [m]	X [m]	H [m]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]
Point sur palplanche	boulon CFF	c2	576063.051	180055.288	571.567	4.4	102.88	1	3.9	151.15	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c3	576052.899	180061.685	571.416	5.0	103.80	1	3.8	139.28	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c5	576027.877	180077.919	571.199	6.9	71.30	1	3.5	99.98	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c6	576011.901	180088.432	570.899	9.7	56.94	1	7.4	54.23	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c7	575994.951	180100.020	570.447	9.2	76.03	2	7.6	177.64	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c8	575982.949	180108.612	570.252	10.5	78.36	-1	5.5	81.32	-3
Point sur palplanche	boulon CFF	c9	575968.581	180118.161	570.730	7.0	55.18	0	5.2	47.38	-2
Point sur palplanche	boulon CFF	c10	575948.893	180126.902	570.967	7.9	39.67	1	5.0	54.47	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c11	575932.688	180131.108	571.447	19.5	18.52	-1	10.4	17.38	-3
Point sur palplanche	boulon CFF	c12	point détruit par les travaux								
Point sur palplanche	boulon CFF	c13	575956.252	180124.072	570.739	4.6	66.77	-3	3.8	31.78	-5
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp3	576025.873	180073.676	570.323	3.3	123.49	0	3.7	180.61	0
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp4	576048.590	180056.036	569.484	6.6	117.71	-2	5.8	166.53	-1

MOUVEMENTS DES POINTS

MOUVEMENTS DES POINTS

Classe	Type repère	No point	ETAT 14 19 juin 2023			Mouvement de l'Etat 0 du 29.06.2016 à l'Etat 14 du 19.06.2023			Mouvement de l'Etat 13 du 13.12.2022 à l'Etat 14 du 19.06.2023		
			Y [m]	X [m]	H [m]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]
Point sur palplanche	boulon CFF	c2	576063.050	180055.289	571.566	3.5	73.73	0	2.0	359.05	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c3	576052.898	180061.686	571.414	3.8	86.43	0	1.7	344.74	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c5	576027.876	180077.918	571.199	5.3	68.87	0	1.6	279.55	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c6	576011.897	180088.427	570.899	4.1	67.70	2	5.7	249.22	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c7	575994.950	180100.017	570.446	7.9	95.97	0	3.0	215.08	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c8	575982.950	180108.612	570.253	11.1	78.43	0	0.6	79.42	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c9	575968.582	180118.159	570.731	6.6	73.07	0	1.9	176.38	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c10	575948.892	180126.900	570.967	5.2	51.71	1	2.9	217.72	0
Point sur palplanche	boulon CFF	c11	575932.690	180131.104	571.448	15.9	30.41	0	4.9	177.46	1
Point sur palplanche	boulon CFF	c12	point détruit par les travaux								
Point sur palplanche	boulon CFF	c13	575956.253	180124.070	570.743	5.6	87.42	1	1.9	142.93	4
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp3	576025.869	180073.680	570.322	3.4	384.86	-1	6.0	354.55	-1
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp4	576048.584	180056.041	569.482	3.1	16.59	-4	7.3	345.69	-2

MOUVEMENTS DES POINTS

MOUVEMENTS DES POINTS

Classe	Type repère	No point	ETAT 15 5 décembre 2023			Mouvement de l'Etat 0 du 29.06.2016 à l'Etat 15 du 05.12.2023			Mouvement de l'Etat 14 du 19.06.2023 à l'Etat 15 du 05.12.2023		
			Y [m]	X [m]	H [m]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]	dl (résultante) [mm]	Gisement [grades]	dH [mm]
Point sur palplanche	boulon CFF	c2	576063.048	180055.286	571.565	2.6	160.50	-1	3.9	228.79	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c3	576052.895	180061.684	571.413	2.2	152.03	-1	3.3	247.25	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c5	576027.874	180077.916	571.197	3.0	89.47	-1	2.6	244.87	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c6	576011.896	180088.429	570.896	4.8	44.39	-1	1.8	381.80	-3
Point sur palplanche	boulon CFF	c7	575994.945	180100.019	570.444	3.9	55.76	-1	5.3	324.68	-2
Point sur palplanche	boulon CFF	c8	575982.945	180108.614	570.251	7.7	52.91	-2	5.0	319.29	-2
Point sur palplanche	boulon CFF	c9	575968.578	180118.161	570.729	4.5	29.51	-1	4.2	320.02	-1
Point sur palplanche	boulon CFF	c10	575948.892	180126.901	570.964	5.7	38.05	-3	1.3	368.23	-4
Point sur palplanche	boulon CFF	c11	575932.688	180131.103	571.446	15.0	23.04	-3	2.0	296.85	-2
Point sur palplanche	boulon CFF	c13	575956.251	180124.070	570.740	3.3	80.12	-3	2.4	297.38	-4
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp3	576025.870	180073.675	570.321	2.3	205.52	-2	5.6	193.20	-1
Point intermédiaire	boulon CFF sur tuyau béton	pp4	576048.587	180056.034	569.480	5.1	148.22	-6	7.1	173.28	-2

Annexe B Rapports d'analyses sur les capteurs passifs de l'EMPA de novembre 2023

Biol'Eau Sarl
Pascal Mulattieri
98 chemin de Saule
1233 Bernex

Prüfbericht Nr. 5214033194

Projektauftrag:	Bestimmung von Indikator-PCB und dioxinähnlichen PCB in PDMS Passivsammlern aus der Saane im Bereich der Deponie La Pila.
Auftraggeber:	Pascal Mulattieri
Prüfobjekt:	PDMS Passivsammler
Kundenreferenz:	Pascal Mulattieri
Ihr Auftrag vom:	2. Oktober 2023
Eingang des Prüfobjektes:	28. November 2023
Ausführung der Prüfung:	29. November – 12. Dezember 2023
Anzahl Seiten:	-15-
Beilagen:	---

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Dübendorf, 13. Dezember 2023

Prüfleiter:
Markus Zennegg

Abteilungsleiter Advanced Analytical Technologies:
PD Dr. Davide Bleiner

1 Prüfobjekte

Am 5. November 2023 wurden in der Saane, im Bereich der Deponie La Pila und der Passerelle, vor der Einmündung der Gerine in die Saane, an vier Standorten PDMS Passivsammler ausgebracht. Diese Arbeiten wurden durch Herrn Pascal Mulattieri (Biol'Eau Sàrl) ausgeführt. Pro Standort wurden zwei Passivsammler in paralleler oder seriell aufeinanderfolgender Position ausgebracht. Jeweils einer der Sammler wurde vor der Exposition mit Performance Reference Compounds beladen (PRC). Die Exposition der Sammler dauerte vom 5. bis zum 25. November 2023. Wegen des extremen Hochwassers, mit einem Abfluss von bis über 900 m³/s (15.11. Saane bei Laupen), konnten die Passivsammler leider nur an zwei Standorten wiedergefunden werden. Nach dem Einsammeln der Proben wurden diese, gut verpackt (250 mL Sovirel Glasflaschen mit Schraubverschluss), am 28. November 2023 der Empa, Abteilung Advanced Analytical Technologies, per Post überbracht. Die Proben wurden, wenn nicht sofort extrahiert, bis zur Extraktion bei -20°C aufbewahrt.

Tabelle 1: Prüfobjekte und Standorte der Passivsammler exponiert in der Saane vom 5. bis zum 25. November 2023, gemäss Probenahmeprotokoll von Pascal Mulattieri (Biol'Eau).

Prüfobjekt Standort:	Fliessgeschw. m/s am 05.11. / 25.11.*	Landes-koordinaten:	Bemerkungen:
Amont aval Hauterive	0.05 / 0.1	576242 / 180032	Kein Biofilm Exposition 20 Tage
Pila	0.05 / 0.1	575934 / 180139	Kein Biofilm Exposition 20 Tage
Aval 1	0.2 / ---	575898 / 180221	Schutzstange auffindbar, Passivsammler nicht
Amont passerelle	0.1 / ---	575976 / 180800	Passivsammler nicht auffindbar

*Die Fliessgeschwindigkeiten wurden beim Platzieren und Einsammeln der Passivsammler gemessen und entsprechen somit den Bedingungen, wenn im Kraftwerk Hautrive nicht turbinert wird.

2 Prüfung

Die PDMS Passivsammler wurden nach Zugabe einer Mischung von 18 $^{13}\text{C}_{12}$ -isotopenmarkierten PCB (Cambridge Isotope Laboratories) mit Methanol während 16 Stunden heiss extrahiert (Soxhletextraktion). Anschliessend wurde das Lösemittel am Rotationsverdampfer bei 50°C und 330 mbar bis auf ca. 0.5 mL eingengt.

Die hellgrünen bis grünen Extrakte wurden quantitativ, durch mehrmaliges Nachspülen mit 1 bis 2 mL n-Hexan, in ein 10 mL Sovirel Zentrifugenglas überführt.

Nach Verdünnung mit Reinstwasser im Verhältnis 1:1 wurde auf einem Vortexmixer kräftig geschüttelt und dreimal mit n-Hexan extrahiert. Zur besseren Phasentrennung wurde die Emulsion für einige Minuten bei 5'000 rpm zentrifugiert.

Die klare überstehende n-Hexanphase wurde vorsichtig in einen 10 mL Spitzkolben abpipettiert und das Volumen am Rotationsverdampfer bei 50°C und 300 mbar bis auf ca. 0.5 mL reduziert.

Der vorgereinigte n-Hexanextrakt wurde chromatographisch an 0.5 g aktiviertem Kieselgel gereinigt (Mini-Kieselgelsäule). Die Elution erfolgte mit 10 mL n-Hexan.

Das Lösemittel wurde am Rotationsverdampfer bei 50°C und 300 mbar bis auf ca. 0.5 mL eingengt.

Nach quantitativem Transfer in 0.5 mL Mini-Vials wurde unter Stickstoffbegasung bei Raumtemperatur das Volumen bis auf ca. 30 μL reduziert.

Die messbereiten Probenextrakte wurden mit dem Recoverystandard ($^{13}\text{C}_{12}$ PCB 70) zur Bestimmung der Wiederfindungsrate versetzt.

Die quantitative Analyse der polychlorierten Biphenyle wurde mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie durchgeführt (HRGC/HRMS). Die Quantifizierung erfolgte durch Vergleich mit den isotopenmarkierten Standards (Isotopenverdünnungsanalyse).

2.1 Referenzmaterialien

Kalibrationsstandard:	Mischung der PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189 (C-WHO-01, Accu Standards Inc.) Mischung der PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 (AE-00059, Accu Standards Inc.)
Wiederfindungsstandard:	$^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 70 (EC-4914, Cambridge Isotope Laboratories)
Interner Standard:	Mischung der $^{13}\text{C}_{12}$ -isotopenmarkierten PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189 (WP-LCS, Wellington Laboratories) Mischung der $^{13}\text{C}_{12}$ -isotopenmarkierten PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 (EC 4058, Cambridge Isotope Laboratories)
Verwendete PRC:	Mischung der $^{13}\text{C}_{12}$ -isotopenmarkierten PCB 9, 37, 79, 111, 162, 194, 206, (PCB-ISS-H, Wellington Laboratories) $^{13}\text{C}_{12}$ -isotopenmarkiertes PCB 2 (MBP-1, Wellington Laboratories) $^{13}\text{C}_{12}$ -isotopenmarkiertes PCB 4 (MBP-3, Wellington Laboratories)

2.2 Prüfmittel

Gaschromatograph:	Thermo Finnigan Trace GC 1310 Thermo Scientific TriPlus Autosampler
Kapillarsäule:	30 m × 0.25 mm, TG5-SilMs, Filmdicke 0.25 µm
Massenspektrometer:	Q-Exactive Orbitrap GC/MS , ausgerüstet mit Systemsteuerungs- und Applikationssoftware Exactive Series 2.8 SP1, Xcalibur 4.0

2.3 Prüfbedingungen

Trägergas:	Helium, konstanter Fluss 1.2 ml min ⁻¹
Injektion:	1 µL splitlos
Temperaturprogramm:	100°C (1 min), 20°C min ⁻¹ bis 200°C, 5°C min ⁻¹ bis 300°C
Quellentemperatur:	250°C
Ionisierung:	Elektronenstoss (EI), Detektion der positiven Ionen
Elektronenenergie:	70 eV
Massenauflösung:	m/Δm = 60'000 (bei m/z 200, FWHH)
Einzelionendetektion:	Es wurden jeweils die m/z-Werte zwischen 180 und 500 im Fullscanmodus registriert und die beiden häufigsten Isotopenkombinationen der nativen und ¹³ C ₁₂ -markierten PCB im Molekülionencluster für die quantitative Auswertung verwendet (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Detektierte m/z Werte der nativen und ¹³C₁₂-markierten PCB

PCB	native		¹³ C ₁₂ -labeled	
	m/z	m/z	m/z	m/z
MoCB	188.0387	190.0358	200.0790	202.0760
DiCB	221.9998	223.9968	234.0400	236.0371
TriCB	255.9613	257.9583	268.0021	269.9991
TetraCB	289.9223	291.9148	301.9626	303.9597
PentaCB	325.8805	327.8776	337.9207	339.9178
HexaCB	359.8415	361.8386	371.8817	373.8789
HeptaCB	393.8025	395.7996	405.8428	407.8398

3 Resultate

3.1 Zusammenfassung zu den PDMS Passivsammlern

Die Resultate in den folgenden Tabellen 3 und 4 wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet. Pila wurde als Referenzpunkt auf 1.000 gesetzt und die anderen Standorte relativ zu diesem Standort via die Elimination der PRC korrigiert.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Resultate als **Summenwert der i-PCB** in ng/kg PDMS.

ng/kg PDMS	Amont aval Hauterive mit PRC	Amont aval Hauterive ohne PRC
Summe i-PCB	260	220
Summe Indikator PCB korrigiert via PRC	430	370

Tabelle 4: Zusammenfassung der Resultate als **Summenwert der i-PCB** in ng/kg PDMS.

ng/kg PDMS	Pila mit PRC	Pila ohne PRC
Summe i-PCB	11000	11000
Summe Indikator PCB korrigiert via PRC	11000	11000

3.2 Detaillierte kongenerenspezifische Resultate

Tabelle 5: Konzentrationen der dl-PCB und Indikator PCB in den PDMS Passivsammelern, exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023. Die Konzentrationen sind in ng/kg PDMS angegeben.

ng/kg PDMS	Amont aval Hauterive mit PRC	Amont aval Hauterive ohne PRC
Dioxin-Like PCB		
77	0.56	0.36
81	<u>0.13</u>	<u>0.11</u>
105	6.0	4.2
114	0.27	0.21
118	18	15
123	1.0	0.20
126	<u>0.17</u>	<u>0.077</u>
156	2.3	1.9
157	0.31	<u>0.18</u>
167	1.3	1.0
169	<u>0.16</u>	<u>0.20</u>
189	<u>0.14</u>	<u>0.22</u>
Indikator PCB		
28	19	16
52	47	42
101	74	63
138	42	36
153	65	56
180	12	11
Summe i-PCB	257	224
Korrektur-F via PRC	1.6608	1.6608
Summe Indikator PCB korrigiert via PRC	426	371

Rote und unterstrichene Werte entsprechen der Nachweisgrenze.

Tabelle 6: Konzentrationen der dl-PCB und Indikator PCB in den PDMS Passivsammlern, exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023. Die Konzentrationen sind in ng/kg PDMS angegeben.

ng/kg PDMS	Pila mit PRC	Pila ohne PRC
Dioxin-Like PCB		
77	68	82
81	1.3	2.1
105	587	618
114	31	34
118	1416	1415
123	47	30
126	2.4	2.5
156	35	41
157	8.5	10.5
167	16	20
169	<u>0.11</u>	<u>0.19</u>
189	0.48	<u>0.38</u>
Indikator PCB		
28	792	897
52	6146	5501
101	2964	2810
138	669	631
153	854	770
180	48	45
Summe i-PCB	11473	10653
Korrektur-F via PRC	1.000	1.000
Summe Indikator PCB korrigiert via PRC	11473	10653

Rote und unterstrichene Werte entsprechen der Nachweisgrenze.

Tabelle 7: dl-PCB WHO-TEQ₂₀₀₅ in den PDMS Passivsammlern, exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023. Die Konzentrationen sind in ng/kg PDMS angegeben.

WHO-TEQ₂₀₀₅ ng/kg PDMS	Amont aval Hauterive mit PRC	Amont aval Hauterive ohne PRC
Dioxin-Like PCB		
77	0.000056	0.000036
81	<u>0.000039</u>	<u>0.000034</u>
105	0.00018	0.00013
114	0.0000080	0.0000063
118	0.00054	0.00044
123	0.000030	0.0000059
126	<u>0.017</u>	<u>0.0077</u>
156	0.000070	0.000058
157	0.0000093	<u>0.0000054</u>
167	0.000040	0.000030
169	<u>0.0049</u>	<u>0.0060</u>
189	<u>0.0000042</u>	<u>0.0000066</u>
Σ WHO-TEQ₂₀₀₅ max.	0.023	0.014
Σ WHO-TEQ₂₀₀₅ min.	0.00093	0.00070

Rote und unterstrichene Werte entsprechen der Nachweisgrenze.

Σ WHO-TEQ₂₀₀₅ max. = inklusive Kongenere unterhalb der Nachweisgrenze

Σ WHO-TEQ₂₀₀₅ min. = exklusive Kongenere unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 8: dl-PCB WHO-TEQ₂₀₀₅ in den PDMS Passivsammlern, exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023. Die Konzentrationen sind in ng/kg PDMS angegeben.

WHO-TEQ₂₀₀₅ ng/kg PDMS	Pila mit PRC	Pila ohne PRC
Dioxin-Like PCB		
77	0.0068	0.0082
81	0.00040	0.00064
105	0.018	0.019
114	0.00093	0.00103
118	0.042	0.042
123	0.0014	0.0009
126	0.24	0.25
156	0.0011	0.0012
157	0.00026	0.00031
167	0.00047	0.00060
169	<u>0.0034</u>	<u>0.0058</u>
189	0.000014	<u>0.000011</u>
Σ WHO-TEQ_{2005 max.}	0.31	0.33
Σ WHO-TEQ_{2005 min.}	0.31	0.32

Rote und unterstrichene Werte entsprechen der Nachweisgrenze.

Σ WHO-TEQ_{2005 max.} = inklusive Kongenere unterhalb der Nachweisgrenze

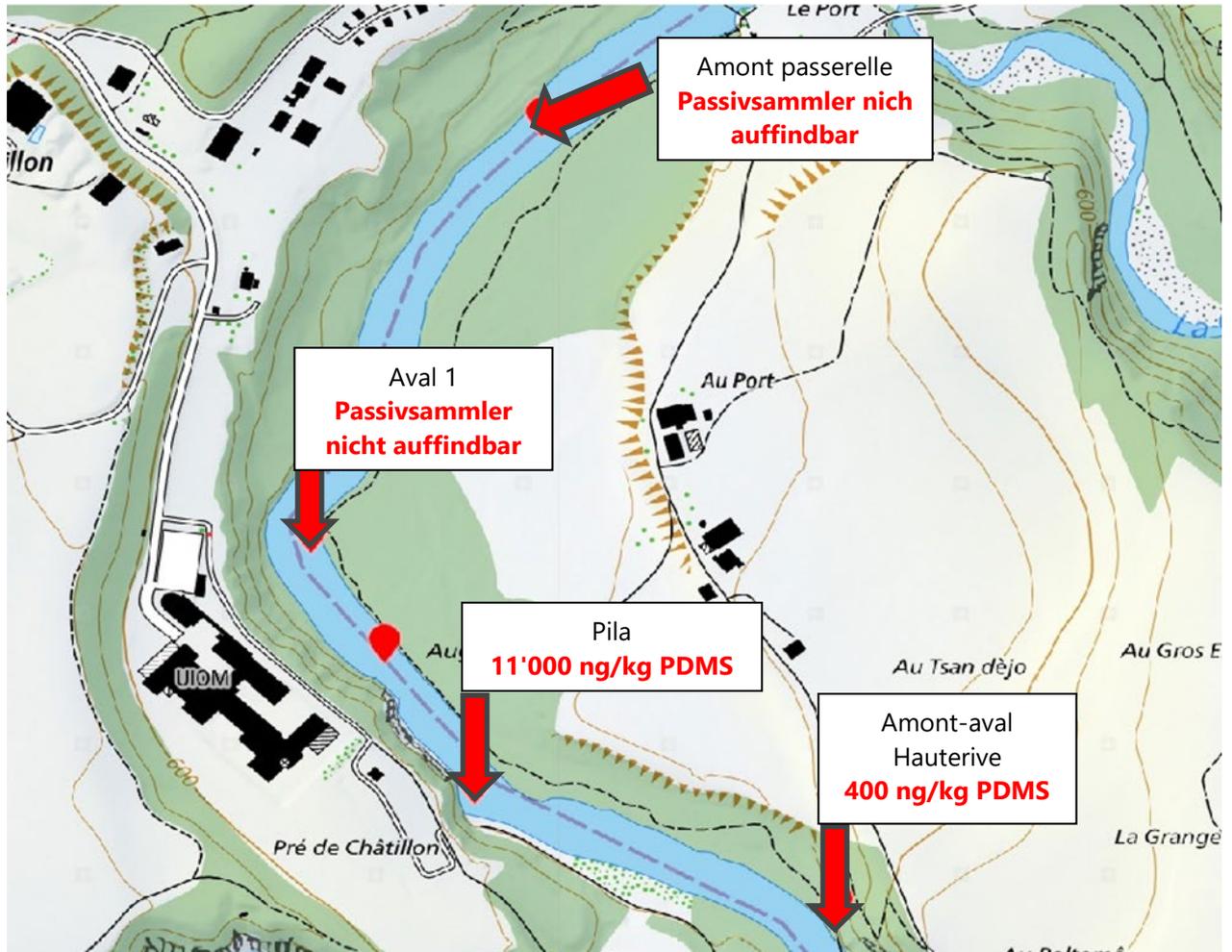
Σ WHO-TEQ_{2005 min.} = exklusive Kongenere unterhalb der Nachweisgrenze

4 Probenahmestandorte und Grafische Darstellung der Resultate

4.1 Probenahmestandorte in der Saane bei La Pila

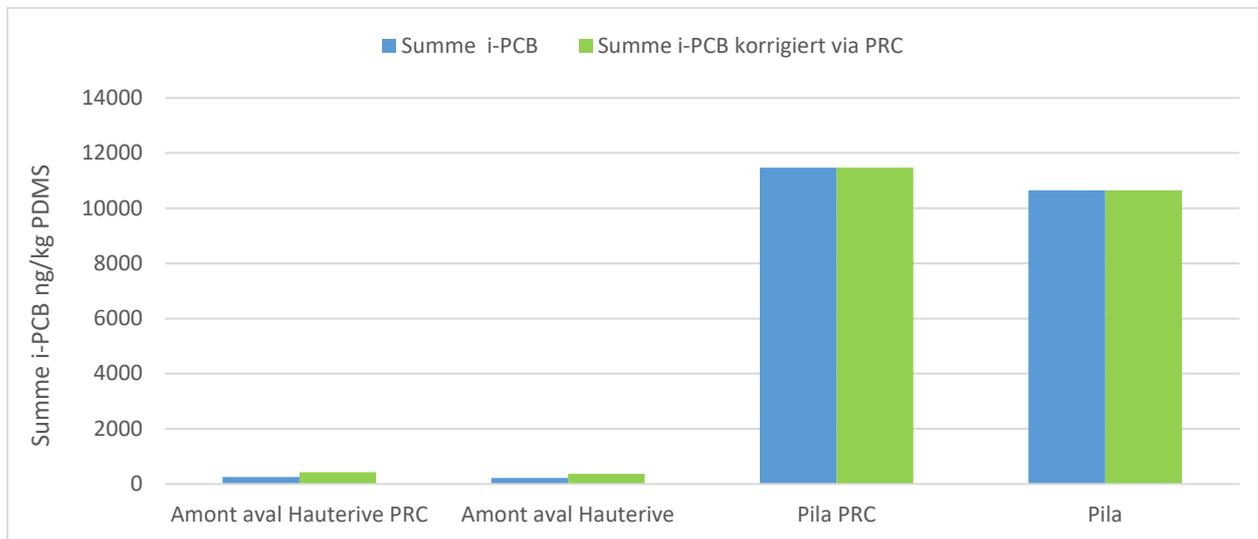
In der Abbildung 1 sind die Probenahmestandorte der PDMS Passivsammler, welche vom 5. bis 25. November 2023 in der Saane exponiert wurden, eingezeichnet. Der Mittelwert der i-PCB Summe (PRC korrigiert), auf zwei signifikante Stellen gerundet, ist in ng/kg PDMS angegeben.

Abbildung 1: Probenahmestandorte bei La Pila und i-PCB Summenwert in ng/kg PDMS.



4.2 i-PCB Summenwert in den Passivsammlern

Abbildung 2: Summe der i-PCB in den PDMS Passivsammlern, exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023. Die Konzentrationen sind in ng/kg PDMS angegeben.



Kommentar zu Abbildung 2:

Der Summenwert der 6 i-PCB (PRC korrigiert) liegt bei **Amont-aval Hauterive** mit durchschnittlich **400 ng/kg PDMS** wiederum im Bereich von früheren Messkampagnen. Ein deutlicher Anstieg des i-PCB Summenwertes auf **11'000 ng/kg PDMS** ist beim Probenahmestandort **Pila** zu erkennen.

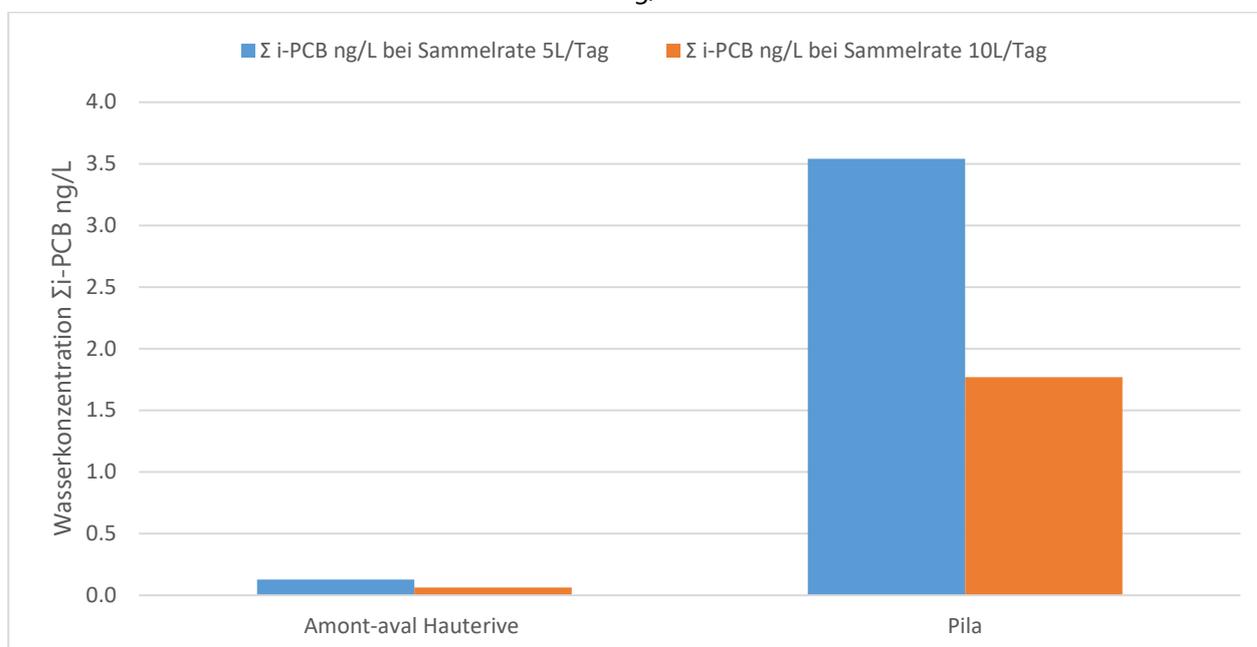
4.3 Abgeschätzte i-PCB Wasserkonzentrationen

In der Tabelle 9 sind die abgeschätzten Wasserkonzentrationen für den Summenwert der 6 i-PCB aufgelistet. Die Werte wurden auf der Basis der PRC korrigierten i-PCB Konzentrationen berechnet.

Tabelle 9: Abgeschätzte Wasserkonzentration für die Summe der 6 i-PCB an den zwei Probenahmestandorten Amont aval Hauterive und Pila in ng/L.

Prüfobjekte	Abgeschätzte Wasserkonzentration bei einer Sammelrate von 5 L/Tag [ng/L]:	Abgeschätzte Wasserkonzentration bei einer Sammelrate von 10 L/Tag [ng/L]:
Amont aval Hauterive	0.13	0.064
Pila	3.54	1.77

Abbildung 3: Abgeschätzte Wasserkonzentration für die Summe der 6 i-PCB an den zwei Probenahmestandorten Amont aval Hauterive und Pila in ng/L.



4.4 i-PCB und dl-PCB Verteilungsmuster in den Passivsammlern

Abbildung 4: Relatives Verteilungsmuster der 6 i-PCB in den Passivsammlern exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023.

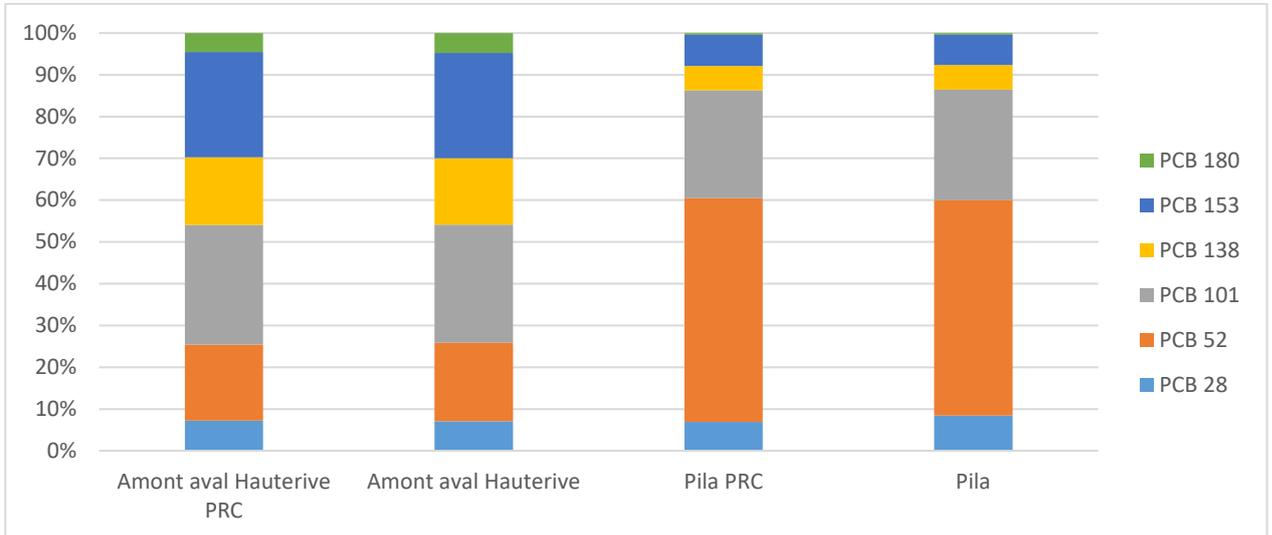
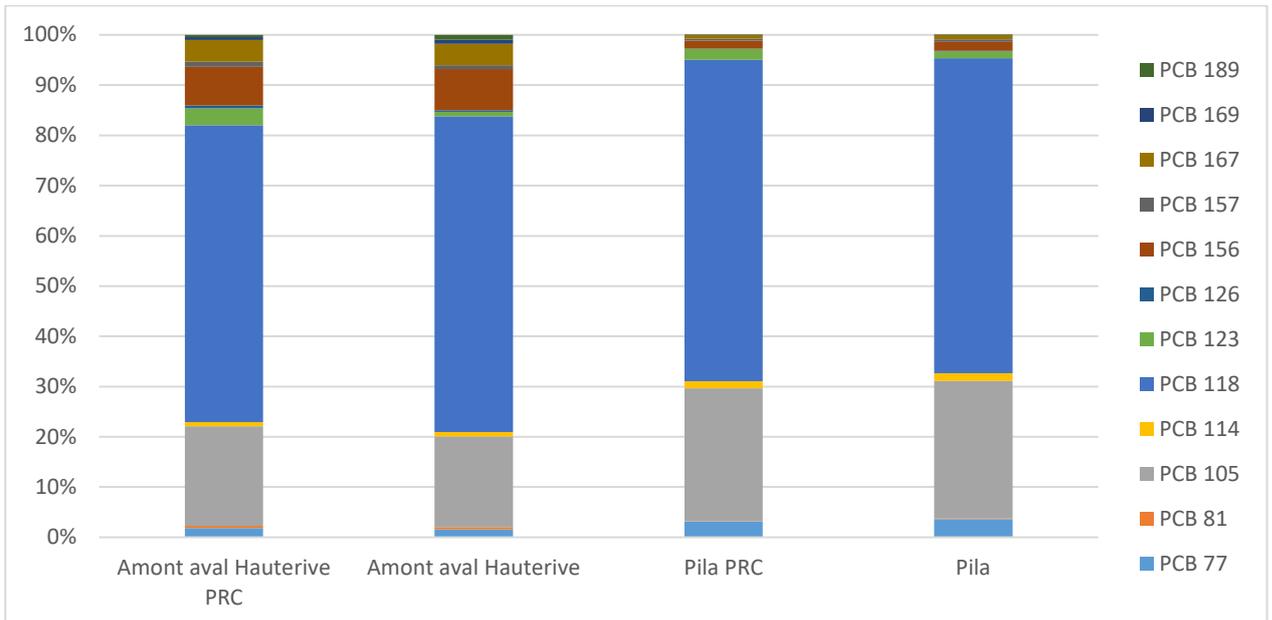


Abbildung 5: Relatives Verteilungsmusters der dl-PCB in den Passivsammlern exponiert in der Saane vom 5. bis 25. November 2023.



5 Allgemeine Angaben

5.1 Verwendete Abkürzungen

PCB	Polychlorierte Biphenyle
PRC	Performance Reference Compounds
dl-PCB	Dioxin-Like PCB (dioxinähnliche PCB)
PDMS	Polydimethylsiloxan (Silikongummi)
MoCB	Monochlorbiphenyl
DiCB	Dichlorbiphenyl
TriCB	Trichlorbiphenyl
TetraCB	Tetrachlorbiphenyl
PentaCB	Pentachlorbiphenyl
HexaCB	Hexachlorbiphenyl
HeptaCB	Heptachlorbiphenyl
WHO-TEF	WHO 2,3,7,8-TCDD-Toxizitätsäquivalenzfaktor
WHO-TEQ	WHO 2,3,7,8-TCDD-Toxizitätsäquivalent
ng	Nanogramm (1 ng = 1×10^{-9} g = 0.000'000'001 g)
pg	Pikogramm (1 pg = 1×10^{-12} g = 0.000'000'000'001 g)
IKSR	Internationale Kommission zum Schutze des Rheins

5.2 Toxizitätsäquivalente

Der TEQ-Wert einer Probe errechnet sich, indem die jeweilige dl-PCB Kongenerenkonzentration mit dem dazugehörigen WHO Toxizitätsäquivalenzfaktor (WHO-TEF, Tabelle 10) multipliziert und die so erhaltenen Produkte addiert werden.

Tabelle 10: WHO Toxizitätsäquivalenzfaktoren für PCB (WHO-TEF, 2005)

Nonortho-PCB	WHO-TEF	Monoortho-PCB	WHO-TEF
77	0.0001	105	0.00003
81	0.0003	114	0.00003
126	0.1	118	0.00003
169	0.03	123	0.00003
		156	0.00003
		157	0.00003
		167	0.00003
		189	0.00003

5.3 Qualitätssicherung und Messunsicherheit

Alle Untersuchungen wurden nach den Grundsätzen der Qualitätssicherung durchgeführt. Nach unseren Erfahrungen beträgt die Messunsicherheit für die Bestimmung der PCB ca. 20 % (Probenahme nicht einbezogen).