Essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine - Site de Cohade

Juillet 2026

En partenariat avec

Auteurs

Pauline Moreau
BRGM
p.moreau@brgm.fr

Jean Philippe Ghestem
BRGM
jp.ghestem@brgm.fr

Gal Frédérick
BRGM
f.gal@brgm.fr

Vérification du document

Nicole Baran
BRGM

Bénédicte Lepot
INERIS

Les correspondants

OFB : Nicolas Gaury, nicolas.gaury@ofb.gouv.fr

Aquaref : Jean Philippe Ghestem, BRGM

Référence et droits d'usage

Référence du document : Moreau Pauline, Ghestem Jean-Philippe, Gal Frédérick 2026. Essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine - Site de Cohade. Rapport final V1. BRGM/RP-75501-FR, 113 p.

Droits d'usage : Accès libre

Essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine - Site de Cohade

Moreau Pauline, Ghestem Jean Philippe, Gal Frédérick

Aquaref a réalisé en 2025 un 3ème essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine afin de poursuivre le travail sur l'harmonisation des pratiques d'échantillonnage en eau souterraine et continuer à acquérir des données sur les risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage.

Seize (16) équipes de préleveurs ont mis en œuvre leurs matériels et méthodes sur une station située en Haute Loire. La participation d'un plus grand nombre de participants par rapport aux précédents essais (9 et 10 participants, respectivement pour le 1er et 2ème essais réalisés à la Chapelle saint Luc et Gaye) a permis d'améliorer la statistique. Cent quatre-vingt-treize (193) paramètres ont été évalués, en particulier des mesures des paramètres physico-chimiques sur site, des paramètres ayant déjà été quantifiés sur le site (principalement pesticides et produits de dégradation, composés volatils, métaux), mais également des paramètres n'ayant jamais été quantifiés sur le site mais pour lesquels des risques de contamination lors du prélèvement existent (par exemple phtalates, produits de soin corporels, PFAS, alkykphénols, …).

La stabilité de la qualité de l'eau dans cet ouvrage a été évaluée via 3 échantillonnages par le BRGM au cours de la semaine de l'essai (début, milieu et fin de l'essai).

Les participants ont mis en œuvre des matériels très divers (pompes et tuyaux). Certains volumes de purges semblent faibles en comparaison à ce qui est requis dans la norme internationale, le FD T90-523-3. Cela a été justifié, dans certains cas par les participants, par le fait qu'ils avaient mis en œuvre les recommandations de la norme française X31-615, applicable uniquement en contexte SSP, car ils œuvrent en général dans ce contexte. Quelques participants réalisent leurs échantillonnages a une profondeur plus faible que celle recommandée par le FD T90-523-3.

Cet essai montre un impact lié à l'échantillonnage qui est globalement faible, avec des dispersions en général identiques ou inférieures à celles observées dans les essais interlaboratoires pour les analyses en laboratoire, sauf pour la turbidité qui présente de réelles difficultés de mesure sur le terrain, notamment du fait des phénomènes de condensation sur les cuves. Ce constat a par ailleurs déjà été identifié dans les essais d'aptitude (CIL eaux résiduaires Ineris, « Observations des pratiques des préleveurs sur le terrain sur la période 2021 à 2025 - Eaux superficielles et eaux de rejets », rapport Aquaref en cours de diffusion).

Cet essai a permis de mettre en évidence quelques contaminations par les participants, qui sont invités à regarder plus en détail l'impact de ces contaminations sur les prélèvements qu'ils réalisent en routine. Les principales molécules à risque de contamination restent les BTEX, comme cela avait été identifié lors de l'essai de Gaye en 2021. En particulier le xylène et le toluène ont été quantifiés dans les échantillons de 6 participants (1 ou plusieurs molécules) et durant le contrôle de site. Les autres molécules pour lesquelles des contaminations plus faibles ont été identifiées avaient également déjà été identifiées lors des précédents essais. Il s'agit du 2-méthylnaphtalène, 4 Nonylphénol, de 6 métaux (Zn, Cd, Co, Cu, Al, Cr), DBP (Dibutyl phtalate) et 2 PFAS (FOSA et PFHpA). Ces paramètres sont à intégrer en priorité dans les contrôles qualité réalisés par les laboratoires.

En revanche, il est très important de souligner que 136 paramètres organiques n'ont été quantifiés dans aucun échantillon, y compris pour des molécules pour lesquelles des risques de contamination existent (caféine, parabènes, diclofénac, kétoprofène, galaxolide, cotinine, la plupart des phtalates (exception DBP), la plupart des alkylphénols (exception 4-nonylphénol), bisphénols A et S, la plupart des PFAS malgré la grande diversité de matériels (y compris PTFE), tensioactifs (laureth sulfate)). Pour ces substances, les pratiques et les matériels mis en œuvre lors de cet essai étaient donc de qualité suffisante pour ne pas contaminer les échantillons à des niveaux de performance analytique conformes aux exigences réglementaires.

Il est important de relever que, malgré des recommandations qui peuvent parfois être très alarmistes en ce qui concerne les risques de contamination lors de l'échantillonnage pour les PFAS, cet essai est plutôt rassurant car 64 PFAS ont été analysés et seulement 2 participants ont contaminé leurs échantillons, à des niveaux de concentration très faibles (inférieurs à 0,5 ng/L) pour 1 PFAS chacun.

Deux paramètres n'ont pas pu être exploités en raison de résultats présentant une évolution au cours de l'essai qui n'est pas en lien avec les pratiques d'échantillonnage (monobutylétain et PFHpA).

Cet essai confirme l'importance des contrôles qualité internes et externes pour l'échantillonnage et permet d'aider les laboratoires à identifier les molécules à cibler en priorité.

Mots clés (thématique et géographique) : Echantillonnage – Eau souterraine – Intercomparaison – Contamination - Données

Intercomparison test on groundwater sampling - Cohade Site

Moreau Pauline, Ghestem Jean Philippe, Gal Frédérick

In 2025, Aquaref conducted a third intercomparison test on groundwater sampling to continue the work on harmonizing groundwater sampling practices and to keep gathering data on contamination risks during sampling operations.

16 sampling teams implemented their equipment and methods at a station located in Haute-Loire, part of the Loire Bretagne Water Agency monitoring network. 193 parameters were evaluated in this test, including on-site measurements, parameters quantified in the water of the site (mainly pesticides and degradation products, volatile compounds, metals), as well as parameters that were not quantified in the water of the site but for which contamination risks exist (phthalates, personal care products, PFAS, alkylphenols, etc.). The participation of a larger number of participants improves the statistics of this test compared to previous ones.

The stability of the structure was assessed through 3 samplings by BRGM during the week of the test (beginning, middle, and end of the test).

Regarding the practices implemented, a wide variety of equipment (pumps and hoses) were used, but it is not clear to link this equipment to the observed contaminations. Some purges seem low compared to what is required in FD T90-523-3, although this should be qualified due to the recommendations of standard X31-615 applicable in SSP context. Some sampling depths are low compared to the normative recommendations.

This test demonstrates an overall low impact related to sampling, with variations generally equal to or less than those observed in interlaboratory tests for laboratory analyses, except for turbidity, which presents real challenges in the field, particularly due to condensation phenomena on the tanks.

This trial highlighted some contamination by the participants, who are encouraged to take a closer look at the impact this may have on the samples they routinely collect. The main molecules at risk of contamination remain volatile organic compounds, as identified during the Gaye trial. In particular, xylene and toluene were quantified by 6 laboratories (one or more molecules) and during the site inspection. Other molecules for which lower levels of contamination were identified had also been detected in previous trials. These include 2-methylnaphthalene, 4-nonylphenol, 6 metals (Zn, Cd, Co, Cu, Al, Cr), DBP (dibutyl phthalate), and 2 PFAS (FOSA and PFHpA). These parameters should be prioritized in the quality controls carried out by laboratories.

However, it is very important to emphasize that 136 organic parameters were not quantified in any sample, including molecules for which contamination risks exist (caffeine, parabens, diclofenac, ketoprofen, galaxolide, cotinine, most phthalates (except DBP), most alkylphenols (except 4-nonylphenol), bisphenols A and S, most PFAS despite the wide variety of materials (including PTFE), surfactants (laureth sulfate)). For these substances, the practices and equipment used during this test were therefore of sufficient quality to avoid contaminating the samples (at analytical performance levels compliant with regulatory requirements). It is important to note that, despite recommendations that can sometimes be very alarming regarding the risks of contamination during sampling for PFAS, this test is rather reassuring because 65 PFAS were analyzed and only 2 participants contaminated their samples, at very low concentration levels (below 0.5 ng/L).

It is important to note that, despite some highly alarmist recommendations regarding PFAS sampling contamination risks that this trial yields rather reassuring results: 64 PFAS were analyzed, and only two participants contaminated their samples—each with a single PFAS at very low concentration levels (below 0.5 ng/L).

Two parameters could not be used due to results showing changes during the trial that were unrelated to sampling practices (monobutyltin and PFHpA).

This trial confirms the importance of internal and external quality controls for sampling and helps laboratories identify the molecules to target as a priority.

Key words (thematic and geographical area): Sampling – Groundwater – Intercomparison – Contamination – Data



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document à accès immédiat

Essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine - Site de Cohade

Rapport final

BRGM/RP-75501-FR
Version 1 du 15 juillet 2026

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

Moreau Pauline, Ghestem Jean-Philippe, Gal Frédérick

Ce rapport a été vérifié le **Cliquez ou appuyez ici pour entrer une date.** *et approuvé le* **Cliquez ou appuyez ici pour entrer une date.** *selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.*

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la règlementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq ou par ce code :

Mots clés : Echantillonnage – Eau souterraine – Intercomparaison – Contamination - Données

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Moreau Pauline, Ghestem Jean-Philippe, Gal Frédérick 2026. Essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine - Site de Cohade. Rapport final V1. BRGM/RP-75501-FR, 113 p.

© BRGM, 2026, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
M-P2-12 – 13/03/2025

Synthèse

Aquaref a réalisé en 2025 un 3ème essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine afin de poursuivre le travail sur l'harmonisation des pratiques d'échantillonnage en eau souterraine et continuer à acquérir des données sur les risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage.

Seize (16) équipes de préleveurs ont mis en œuvre leurs matériels et méthodes sur une station située en Haute Loire. La participation d'un plus grand nombre de participants par rapport aux précédents essais (9 et 10 participants, respectivement pour le 1er et 2ème essais réalisés à la Chapelle saint Luc et Gaye) a permis d'améliorer la statistique. Cent quatre-vingt-treize (193) paramètres ont été évalués, en particulier des mesures des paramètres physico-chimiques sur site, des paramètres ayant déjà été quantifiés sur le site (principalement pesticides et produits de dégradation, composés volatils, métaux), mais également des paramètres n'ayant jamais été quantifiés sur le site mais pour lesquels des risques de contamination lors du prélèvement existent (par exemple phtalates, produits de soin corporels, PFAS, alkykphénols, …).

La stabilité de la qualité de l'eau dans cet ouvrage a été évaluée via 3 échantillonnages par le BRGM au cours de la semaine de l'essai (début, milieu et fin de l'essai).

Les participants ont mis en œuvre des matériels très divers (pompes et tuyaux). Certains volumes de purges semblent faibles en comparaison à ce qui est requis dans la norme internationale, le FD T90-523-3. Cela a été justifié, dans certains cas par les participants, par le fait qu'ils avaient mis en œuvre les recommandations de la norme française X31-615, applicable uniquement en contexte SSP, car ils œuvrent en général dans ce contexte. Quelques participants réalisent leurs échantillonnages a une profondeur plus faible que celle recommandée par le FD T90-523-3.

Cet essai montre un impact lié à l'échantillonnage qui est globalement faible, avec des dispersions en général identiques ou inférieures à celles observées dans les essais interlaboratoires pour les analyses en laboratoire, sauf pour la turbidité qui présente de réelles difficultés de mesure sur le terrain, notamment du fait des phénomènes de condensation sur les cuves. Ce constat a par ailleurs déjà été identifié dans les essais d'aptitude (CIL eaux résiduaires Ineris, « Observations des pratiques des préleveurs sur le terrain sur la période 2021 à 2025 - Eaux superficielles et eaux de rejets », rapport Aquaref en cours de diffusion).

Cet essai a permis de mettre en évidence quelques contaminations par les participants, qui sont invités à regarder plus en détail l'impact de ces contaminations sur les prélèvements qu'ils réalisent en routine. Les principales molécules à risque de contamination restent les BTEX, comme cela avait été identifié lors de l'essai de Gaye en 2021. En particulier le xylène et le toluène ont été quantifiés dans les échantillons de 6 participants (1 ou plusieurs molécules) et durant le contrôle de site. Les autres molécules pour lesquelles des contaminations plus faibles ont été identifiées avaient également déjà été identifiées lors des précédents essais. Il s'agit du 2-méthylnaphtalène, 4 Nonylphénol, de 6 métaux (Zn, Cd, Co, Cu, Al, Cr), DBP (Dibutyl phtalate) et 2 PFAS (FOSA et PFHpA). Ces paramètres sont à intégrer en priorité dans les contrôles qualité réalisés par les laboratoires.

En revanche, il est très important de souligner que 136 paramètres organiques n'ont été quantifiés dans aucun échantillon, y compris pour des molécules pour lesquelles des risques de contamination existent (caféine, parabènes, diclofénac, kétoprofène, galaxolide, cotinine, la plupart des phtalates (exception DBP), la plupart des alkylphénols (exception 4-nonylphénol),

bisphénols A et S, la plupart des PFAS malgré la grande diversité de matériels (y compris PTFE), tensioactifs (laureth sulfate)). Pour ces substances, les pratiques et les matériels mis en œuvre lors de cet essai étaient donc de qualité suffisante pour ne pas contaminer les échantillons à des niveaux de performance analytique conformes aux exigences réglementaires.

Il est important de relever que, malgré des recommandations qui peuvent parfois être très alarmistes en ce qui concerne les risques de contamination lors de l'échantillonnage pour les PFAS, cet essai est plutôt rassurant car 64 PFAS ont été analysés et seulement 2 participants ont contaminé leurs échantillons, à des niveaux de concentration très faibles (inférieurs à 0,5 ng/L) pour 1 PFAS chacun.

Deux paramètres n'ont pas pu être exploités en raison de résultats présentant une évolution au cours de l'essai qui n'est pas en lien avec les pratiques d'échantillonnage (monobutylétain et PFHpA).

Cet essai confirme l'importance des contrôles qualité internes et externes pour l'échantillonnage et permet d'aider les laboratoires à identifier les molécules à cibler en priorité.

Sommaire

1. Introduction 15
1.1. Contexte 15
1.2. Essais d'intercomparaison sur l'echantillonnage en eau souterraine realises par le passe 16
1.3. Objectifs de l'essai de 2025 16
1.4. Remerciements 17

2. Préparation de l'essai 18
2.1. Choix du site 18
2.1.1. Profil physico-chimique de la colonne d'eau 19
2.1.2. Pompage 20
2.2. Paramètres suivis 23
2.3. Participants 24

3. Méthodologie 26
3.1. Organisation de l'essai 26
3.1.1. Organisation d'une journée type 26
3.1.2. Flaconnage, conditionnement et transport 26
3.1.3. Analyses 28
3.1.4. Conditions météorologiques 28
3.1.5. Suivi de site 28
3.2. Traitement des résultats quantitatifs 29
3.2.1. Résultats du suivi du site 30
3.2.2. Données des participants 30
3.2.3. Exemple d'un jeu de données pour les paramètres mesurés au laboratoire 31
3.2.4. Cas des mesures physico-chimiques sur site 32

4. Résultats concernant les pratiques d'échantillonnage 33
4.1. Pratiques des opérateurs 33
4.2. Mesure du niveau piezometrique 35
4.3. Matériels mis en œuvre par les participants 35
4.4. Phase de purge 36
4.5. Profondeur d'échantillonnage 37

5. Résultats quantitatifs des paramètres physico-chimiques sur site 39
5.1. pH 39
5.2. Conductivité electrique 40
5.3. Température 41
5.4. Potentiel redox 44
5.4.1. Redox brut 44
5.4.2. Potentiel rédox corrigé 45
5.5. Oxygène dissous 46
5.6. Turbidité 47

6. Résultats quantitatifs : paramètres organiques 49
6.1. Paramètres jamais retrouvés 49
6.2. Paramètres retrouvés de façon ponctuelle 49
6.3. Paramètres non exploitables 54
6.4. Paramètres systématiquement quantifiés 55
6.4.1. 1,4 dioxane 56
6.4.2. Métabolites de pesticides 57
6.4.3. Substances volatiles 62

6.4.4. Cis 1,2-dichloroéthylène 65
6.4.5. PFAS 66
7. Résultats quantitatifs : micropolluants inorganiques 77
7.1. Paramètres jamais retrouvés 77
7.2. Paramètres quantifiés ponctuellement 77
7.3. Eléments systématiquement quantifiés 78
8. Synthèse par participant 91
9. Conclusion et perspectives 92
10. Bibliographie 94

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du piézomètre de Crispal (commune de Cohade) ; source Geoportail. 18
Figure 2 : Aperçu du piézomètre de Crispal (commune de Cohade). 19
Figure 3 : Profil physico-chimique, piézomètre de Crispal. 20
Figure 4 : Aperçu des rejets de pompage sur site. 21
Figure 5 : Suivi des paramètres physico-chimiques durant le pompage de longue durée, piézomètre de Crispal. 22
Figure 6 : Exemple de représentation graphique pour les paramètres mesurés au laboratoire 31
Figure 7 : Mesure du niveau piézométrique pendant l'essai, toutes mesures (y compris contrôles de site) dans l'ordre chronologique (sur 5 jours) et courbe de tendance (pointillés) 35
Figure 8 : Rapports volume purgé/ volume de la colonne d'eau pour chaque participant (triés dans l'ordre croissant) 37
Figure 9 : Profondeur des échantillonnages pour chaque participant et position relative de la pompe dans l'ouvrage (la norme FD T90-523-3 demande une position dans le tiers inférieur de la colonne d'eau, soit une position relative supérieure à 0.66) 38
Figure 10 : Résultats de l'essai pour le pH (unité pH) 40
Figure 11 : Résultats de l'essai pour la conductivité électrique à 25°C (µS/cm) 41
Figure 12 : Comparaison des températures relevées par les participants entre matin et après-midi. Les box plot présentent médiane (trait noir), moyenne (croix rouge), 1er et 3ème quartiles et données min et max. 42
Figure 13 : Résultats de l'essai pour la température (°C) 43
Figure 14 : Résultats de l'essai pour le potentiel rédox brut (mV) (en grisé, mesure non effectuée) 44
Figure 15 : Résultats de l'essai pour le potentiel rédox corrigé (Résultat R1 en mV) 45
Figure 16 : Corrections apportées pour le calcul du potentiel rédox corrigé (en mV) 46
Figure 17 : Résultats de l'essai pour l'oxygène dissous (en grisé, mesure non effectuée) 47

Figure 18 : Résultats de l'essai pour la turbidité 48
Figure 19 : Résultats des mesures de PFPeA lors de l'essai, dans l'ordre chronologique (sur 5 jours) incluant les résultats des participants et les contrôles de site de façon indifférenciée (dans chaque cas les 2 réplicats sont matérialisés par des losanges vert et violet) 54
Figure 20 : Résultats des mesures de monobutylétain cation lors de l'essai, dans l'ordre chronologique incluant les résultats des participants et les contrôles de site de façon indifférenciée (dans chaque cas les 2 réplicats sont matérialisés par des losanges vert et violet) 55
Figure 21 : Résultats de l'essai pour le 1,4 dioxane 57
Figure 22 : Résultats de l'essai pour le diméthachlor CGA 369873 (LQ = 0,01 µg/L) 58
Figure 23 : Résultats de l'essai pour le diméthachlor ESA (LQ = 0,005 µg/L) 59
Figure 24 : Résultats de l'essai pour le dimethenamide OXA (LQ = 0,005 µg/L) 61
Figure 25 : Résultats de l'essai pour le métolachlor ESA (LQ = 0,01 µg/L) 61
Figure 26 : Résultats de l'essai pour le Diméthénamide ESA (LQ =0,005 µg/L) 62
Figure 27 : Résultats de l'essai pour le trichloroéthylène (LQ =0,1 µg/L) 63
Figure 28 : Résultats de l'essai pour le tétrachloroéthylène (LQ = 0 ,1 µg/L) 64
Figure 29 : Résultats de l'essai pour le tétrachloroéthylène dans l'ordre chronologique, incluant les résultats des participants et du contrôle de site de façon indifférenciée (dans chaque cas les 2 replicats sont matérialisés par un losange violet et une croix bleue). 65
Figure 30 : Résultats de l'essai pour cis 1,2-dichloroéthylène(LQ = 0,5 µg/L) 66
Figure 31 : Résultats de l'essai pour le PFHpS (LQ = 0,1 ng/L) 67
Figure 32 : Résultats de l'essai pour le PFOA (LQ = 0,2 ng/L) 68
Figure 33 : Résultats de l'essai pour le PFPrS (LQ = 0,1 ng/L) 69
Figure 34 : Résultats de l'essai pour le PFPeS (LQ = 0,1 ng/L) 70
Figure 35 : Résultats de l'essai pour PFBA (LQ = 1 ng/L) 71
Figure 36 : Résultats de l'essai pour le PFBS (LQ =0,5 ng/L) 72
Figure 37 : Résultats de l'essai pour le PFOS (LQ = 0,1 ng/L) 73
Figure 38 : Résultats de l'essai pour le PFHxS (LQ = 0,1 ng/L) 74
Figure 39 : Résultats de l'essai pour le TFMS (LQ = 1 ng/L) 75
Figure 40 : Résultats de l'essai pour le TFA (LQ = 100 ng/L) 76
Figure 41 : Résultats de l'essai pour l'arsenic (LQ=0,05 µg/L) 80
Figure 42 : Résultats de l'essai pour le bore (LQ =0,5 µg/L) 81
Figure 43 : Résultats de l'essai pour le baryum (LQ = 0,05 µg/L) 82
Figure 44 : Résultats de l'essai pour le cadmium (LQ = 0,01 µg/L) 83
Figure 45 : Résultats de l'essai pour le cobalt (LQ = 0,05 µg/L) 84
Figure 46 : Résultats de l'essai pour le cuivre (LQ = 0,1 µg/L) 85
Figure 47 : Résultats de l'essai pour le lithium (LQ = 0,1 µg/L) 86

Figure 48 : Résultats de l'essai pour le manganèse (LQ = 0,1 µg/L) 87
Figure 49 : Résultats de l'essai pour le nickel (LQ = 0,1 µg/L)..... 88
Figure 50 : Résultats de l'essai pour le strontium (LQ = 0,1 µg/L) 89
Figure 51 : Résultats de l'essai pour le zinc (LQ = 0,5 µg/L) 90

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs d'équilibre des paramètres physico-chimiques après 70 minutes de pompage à 9 m de profondeur. 23
Tableau 2 : Nombre de paramètres analysés par famille chimique 24
Tableau 3 : Consignes de remplissage pour chaque flaconnage : nombre, type, présence de stabilisant 27
Tableau 4 : Résultats des analyses de suivi pour les éléments majeurs (mg/L) et les paramètres physico-chimiques, au début, au milieu et à la fin de la semaine. 29
Tableau 5 : Synthèse des pratiques des opérateurs 34
Tableau 6 : Matériels mis en œuvre par les participants pour les échantillonnages 36
Tableau 7 : Volumes purgés (par ordre croissant) et critères de fin de purge des participants (V=volume d'eau dans l'ouvrage) 37
Tableau 8 : Synthèse des données de l'essai pour les mesures des paramètres physico-chimiques sur site (les valeurs données en grisé et entre parenthèses sont élevées, données à titre indicatif, voir les paragraphes dédiés plus bas) 39
Tableau 9 : Paramètres organiques mesurés de façon ponctuelle 53
Tableau 10 : Moyenne et écart-type robustes de l'essai pour les paramètres organiques systématiquement quantifiés 56
Tableau 11 : Résultats de l'essai pour les éléments quantifiés ponctuellement..... 78
Tableau 12 : Paramètres statistiques des éléments métalliques systématiquement quantifiés lors de l'essai (en vert) et comparaison avec les données du rapport [14] portant sur les EIL de laboratoires (en blanc) 79
Tableau 13 : Synthèse des résultats de l'essai par participant 91

Liste des annexes

Annexe 1 Passage caméra dans le piézomètre 96
Annexe 2 Liste des paramètres analysés lors de l'essai 100
Annexe 3 Substances non quantifiées dans l'essai 109

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

La directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 [1] fixe des objectifs à atteindre pour l'ensemble des milieux aquatiques européens, eaux souterraines comprises (bon état, réduction ou suppression des rejets de substances prioritaires, non détérioration de l'état des eaux). La directive fille sur la protection des eaux souterraines contre la pollution, adoptée le 12 décembre 2006 [2] précise les objectifs fixés par le DCE et notamment la notion de bon état chimique. Au niveau national, l'arrêté dit « surveillance » [3] précise notamment les fréquences d'échantillonnage et les listes de substances à surveiller.

A l'intérieur de ce cadre réglementaire, la qualité et la maîtrise des données acquises ont une importance capitale non seulement pour comparer des résultats à des valeurs seuils mais également pour identifier avec un degré de confiance suffisant les tendances à la hausse des concentrations en polluants. La qualité d'une donnée implique à la fois la maitrise de la fiabilité des opérations d'analyses en laboratoire mais aussi de celle des opérations d'échantillonnage.

Les notions de comparabilité des données et d'estimation des incertitudes de mesure sont largement abordées par les laboratoires à travers notamment la participation à des campagnes d'intercomparaison appelées également essais d'aptitude. Ces campagnes sont particulièrement riches en informations. Elles permettent bien sûr aux laboratoires de vérifier leurs performances et d'améliorer leurs pratiques mais elles apportent également pour les utilisateurs de données, des informations sur la variabilité des résultats analytiques au sein de la profession et sur de possibles effets liés à l'utilisation de telle ou telle méthode d'analyse. De telles campagnes prenant en compte les aspects liés à l'échantillonnage sont rares.

Depuis sa création Aquaref a fortement contribué à l'amélioration des opérations d'échantillonnage en :

- Rédigeant des guides techniques
- Contribuant à la diffusion des pratiques de réalisation de contrôle qualité (notamment les blancs terrain)
- Réalisant des études techniques sur les risques de contamination
- Organisant des campagnes à large échelle pour fournir des estimations d'incertitude échantillonnage.

Aquaref a également particulièrement contribué à la mise en place d'essais d'intercomparaison sur l'échantillonnage. Ainsi, entre 2008 et 2023 une série d'essais d'intercomparaison (7) particulièrement novateurs a concerné :

- Les eaux de surface [1]
- Les eaux souterraines [2], [3]
- Les eaux de rejets [4]
- Les eaux de lac [5] et [6] (à paraitre)
- Les sédiments [7]

Ils ont permis de progresser rapidement sur l'évaluation des pratiques nationales et de l'impact de ces pratiques sur les résultats de surveillance. En parallèle, depuis une dizaine d'années, sous l'impulsion d'Aquaref, des essais d'aptitude sur les mesures des paramètres physico-chimiques

sur site et sur l'échantillonnage se sont mises en place progressivement dans le cadre d'essais organisés par AGLAE et BIPEA (Organisateurs de Comparaisons InterLaboratoires ou OCIL).

1.2. ESSAIS D'INTERCOMPARAISON SUR L'ECHANTILLONNAGE EN EAU SOUTERRAINE REALISES PAR LE PASSE

En 2009, un premier essai d'intercomparaison en eau souterraine avait été organisé par Aquaref (BRGM/LNE) [2]. Il avait réuni sur une semaine 9 équipes de préleveurs à côté de Troyes (Aube). Chaque équipe avait échantillonné sur un piézomètre durant une demi-journée et a réalisé les mesures des paramètres physico chimiques sur site. Les résultats avaient été exploités de façon quantitative et qualitative (observation détaillée des pratiques et comparaison aux normes et guides existants). La grande diversité des pratiques (position de pompe, matériels, purge, …) mise en évidence au cours de cet essai avait conduit à la révision ou à la mise en place de guides (guides Aquaref – www.aquaref.fr) et de documents normatifs.

Les paramètres chimiques suivis lors de cet essai étaient les nitrates, six pesticides ou métabolites (atrazine, simazine, Desisoproylatrazine-DIA, deséthylatrazine-DEA, terbutylazine, deséthylterbutylazine), un composé organique volatil (tétrachloréthylène) et une quinzaine d'éléments traces métalliques.

Dans les conditions de cet essai (type de site, préleveurs présents) l'impact des opérations d'échantillonnage s'était révélé faible devant la variabilité analytique, sauf pour quelques éléments traces (Cu, Zn) pour lesquels une contamination des échantillons au cours des opérations d'échantillonnage était suspectée (tuyaux, matériel intermédiaire, …). Depuis cet essai, la mise en place régulière de blancs « terrain » s'est développée, notamment dans le cadre d'exigences normatives [8] et de l'accréditation COFRAC, mais les risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage restent une des principales difficultés liées à l'échantillonnage.

Un second essai collaboratif sur l'échantillonnage en eau souterraine a été réalisé en 2021 [3] afin d'évaluer l'évolution des pratiques mais également d'estimer plus particulièrement la variabilité sur les paramètres à risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage. En effet, certains polluants nouvellement suivis dans les listes de surveillance réglementaires sont particulièrement délicats à échantillonner car d'usage quotidien (plastifiants, produits de soin corporels, …). Cet essai avait réuni 10 équipes de préleveurs sur une semaine sur un site à coté de Sézanne (Marne). Une harmonisation forte des pratiques avait été observée, conduisant notamment à des contaminations plus faibles pour les métaux. Des difficultés sur la mesure de la turbidité sur site avaient été identifiées (condensation sur la cuve lors de la mesure). De manière générale, les contaminations observées lors de cet essai étaient très ponctuelles (souvent un seul participant), sauf pour les BTEX. En effet pour o-xylène, m+p-xylène et toluène, des contaminations par plusieurs participants avaient été identifiées. On peut noter que la caféine et le galaxolide avaient été retrouvés dans certains échantillons malgré le port de gants.

1.3. OBJECTIFS DE L'ESSAI DE 2025

Aucun essai d'intercomparaison commercial sur l'échantillonnage en eau souterraine n'est proposé par les OCIL. Les essais présentés en §1.2 et organisés par Aquaref en 2009 et 2021 sont les seuls qui ont été proposés pour cette matrice. Des demandes régulières pour l'organisation de ce type d'essai sont formulées à Aquaref par les prestataires notamment dans

un cadre d'accréditation et d'agrément (pour ce qui concerne les mesures des paramètres physico-chimiques sur site).
Par ailleurs, de nombreuses questions se posent sur les précautions à prendre lors de l'échantillonnage des PFAS : matériel à utiliser ou à proscrire, impact des vêtements et produits cosmétiques que l'opérateur peut porter ou utiliser ou encore impact des objets annexes qu'il est amené à manipuler (scotch, crayons…). Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, les essais collaboratifs sont de très bons outils.

L'objectif de cet essai est donc de continuer à suivre l'évolution des pratiques des opérateurs en conditions de terrain, d'approfondir les investigations concernant les risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage, notamment en ce qui concerne la famille des PFAS. Un des objectifs est également de permettre la participation d'un plus grand nombre d'équipes de préleveurs (16 participants pour cet essai contre 10 en 2021 et 9 en 2009) afin également d'améliorer la représentativité des résultats.
Cet essai peut également être pour les participants un moyen de tester leur matériel vis-à-vis des risques de contamination pour certains paramètres non présents sur le site (blanc terrain).

L'essai proposé n'est pas un essai d'aptitude destiné à évaluer spécifiquement chaque préleveur, mais un essai collaboratif. Cependant, chaque participant aura accès à ses résultats et pourra les comparer à ceux des autres participants afin de mettre en œuvre les actions qu'il juge nécessaire.

La méthodologie reprend celle utilisée en 2021, avec les objectifs suivants :

- Un objectif qualitatif d'observation et d'évaluation des pratiques de prélèvements en eau souterraine.
- Un objectif quantitatif d'estimation de la variabilité des résultats obtenus par les participants en limitant la variabilité analytique par la sélection d'un seul laboratoire d'analyses par famille de substance. Les effets liés au transport, à la conservation et à l'analyse sont minimisés (opérateur unique) afin de mieux caractériser les effets « terrain ». Les paramètres physico-chimiques mesurés sur site (pH, conductivité électrique, turbidité …) sont également évalués quantitativement.

Le type de site choisi pour cet essai est similaire à celui de l'essai de 2009 dans le sens où il s'agit d'un piézomètre (mais de faible profondeur pour cet essai de 2025), mais il est différent de celui de 2021 qui comportait 2 ouvrages (un forage de reconnaissance et un puits de gros diamètre à proximité).

1.4. REMERCIEMENTS

Les organisateurs remercient :

- L'ensemble des participants à l'essai. L'organisation a été largement facilitée par le parfait respect des consignes et des horaires.
- L'Agence de l'eau Loire Bretagne pour les échanges préalables à l'essai et le choix du site.
- Mr Philippe Faidit, maire de Cohade, pour avoir autorisé l'accès au site.

2. Préparation de l'essai

2.1. CHOIX DU SITE

Les critères qui ont été utilisés pour le choix du site ont été les suivants :

- Site accessible et permettant l'organisation d'un tel essai sur une semaine
- Site faisant partie des programmes de surveillance nationaux
- Site sur lequel il existe une diversité de familles de contaminants
- Site n'ayant pas d'historique de quantification de molécules à risques de contamination
- Site situé dans une autre zone géographique pour permettre à d'autres équipes de participer.

Après consultation des 6 agences de l'eau, le choix s'est porté sur une station à Cohade dans le département de la Haute-Loire (43) appelée « piézomètre de Crispal » (code BSS001WJRP), situé en bordure d'un hameau et proche d'une réserve incendie, comme cela est présenté sur la Figure 1. Il fait partie du Réseau de surveillance opérationnel de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne.



Figure 1 : Localisation du piézomètre de Crispal (commune de Cohade) ; source Geoportail.

Cette station comporte un piézomètre de 12 mètres de profondeur. Il est protégé en surface par une bouche à clef carrée de dimension 9,5 x 9,5 cm (voir Figure 2).

A l'intérieur, il y a un coffret plastique, où sont présents les éléments ci-dessous (voir Figure 2) :

- Un tubage externe métallique, à 19 cm sous le sommet de la bouche à clef ;
- Un tubage interne PVC, à 22 cm sous le sommet de la bouche à clef. Ce tubage PVC a un diamètre de 4 pouces.

Le niveau statique, mesuré le 16/01/25 (campagne de reconnaissance) à 11h30, est à 1,12 m sous le sommet de la bouche à clef.

En amont de l'essai, une reconnaissance a été réalisée sur ce piézomètre, avec notamment un passage de caméra dans l'ouvrage (voir détails et conclusions dans l'annexe 1). Les paragraphes suivants détaillent les quelques essais réalisés durant cette campagne de reconnaissance.

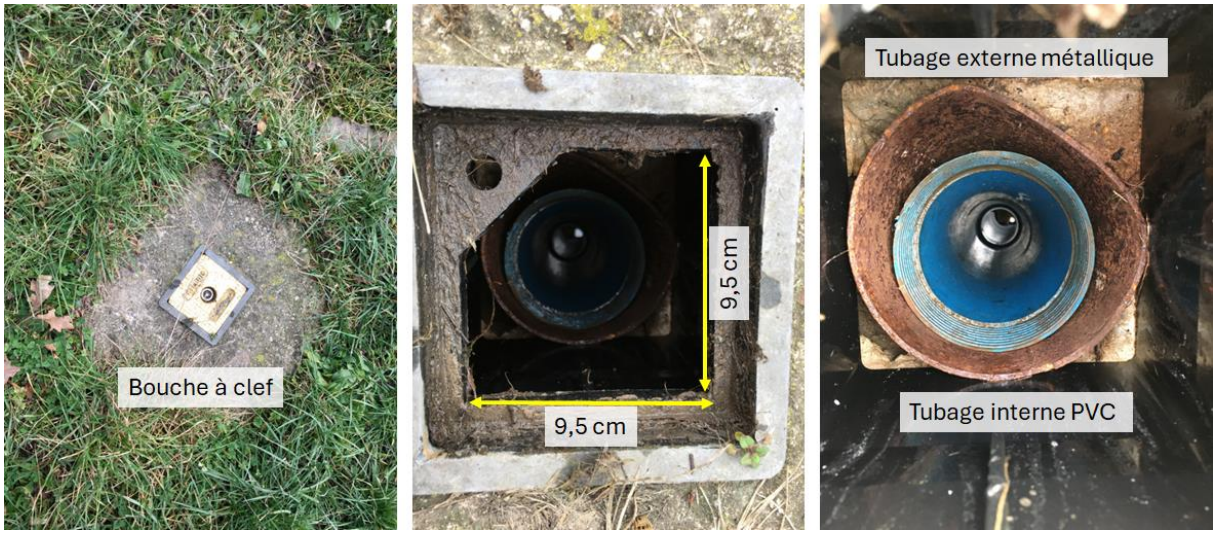


Figure 2 : Aperçu du piézomètre de Crispal (commune de Cohade).

2.1.1. Profil physico-chimique de la colonne d'eau

Il n'a pas été possible de réaliser de diagraphie physico-chimique en raison d'un problème matériel. En conséquence, un profil des paramètres physico-chimiques a été réalisé en descendant une pompe sur batterie et en mesurant, tous les mètres, les paramètres à l'exhaure du pompage. Pour éviter une éventuelle modification de la structure de la colonne d'eau, à chaque profondeur, la pompe a fonctionné pendant 30 secondes ; les 15 premières secondes permettant la purge du tuyau, et les 15 secondes suivantes pour rincer puis remplir un flacon de 1 litre dans lequel les électrodes sont plongées. Les paramètres physico-chimiques sont mesurés à stabilité, dans le flacon (mesure hors phase de pompage, donc sans renouvellement d'eau). Les résultats sont consignés dans la Figure 3. Dès que les mesures sont faites au niveau de la crépine, les paramètres sont généralement peu variables, la colonne d'eau est assez homogène :

- La température est légèrement supérieure à 13°C ;
- La conductivité électrique est proche de 925 µS/cm à 25°C ;
- Le pH est voisin de 7,1 ;
- Le taux d'oxygène dissous, un peu plus élevé en sommet de crépine, chute rapidement pour atteindre 2 à 3% de saturation résiduelle ;
- Le potentiel redox diminue progressivement, mais reste sur des valeurs supérieures à 400 mV (mesure rapportée à celle de l'électrode standard hydrogène).

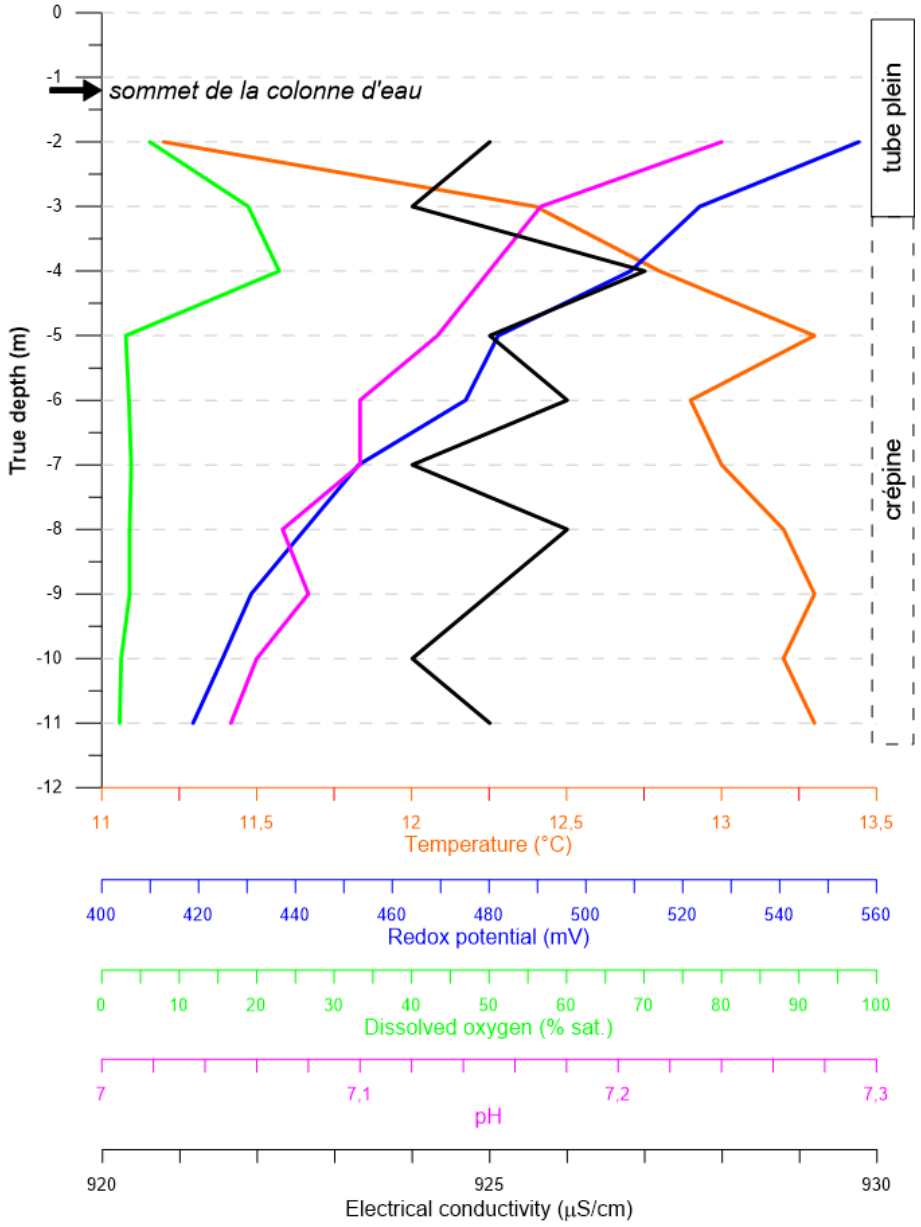


Figure 3 : Profil physico-chimique, piézomètre de Crispal.

2.1.2. Pompage

Un pompage, visant à tester la stabilité des paramètres physico-chimiques, a été réalisé avec une pompe (type MP1) descendue à 9 m de profondeur (par rapport au sommet de la bouche à clé). Le pompage a été fait à 2,5 m^3/h. Un peu moins de 3 m^3 ont donc été pompés. Le rejet de l'eau s'est effectué dans un fossé distant de 21 m du forage, ce fossé se déversant lui-même dans un canal de rejet bétonné (Figure 4).



Figure 4 : Aperçu des rejets de pompage sur site.

Le volume de la colonne d'eau est de 82,5 litres ; le pompage a renouvelé un peu plus de 35 fois le volume de cette colonne d'eau. Le suivi des paramètres physico-chimiques a été fait toutes les 10 minutes. Les données sont présentées Figure 5 et les mesures finales dans le Tableau 1. Les mesures se stabilisent rapidement, et la variabilité sur plus d'une heure est très souvent inférieure à l'incertitude de mesure (variation de 0,05 unité pH, variation de moins de 1% de la conductivité électrique). Seul le potentiel redox nécessite un peu de temps pour atteindre une valeur stable (30 minutes de pompage). Enfin, le rabattement induit par le pompage est rapide (30 cm dans les 10 premières minutes de pompage), et il n'évolue que marginalement ensuite.

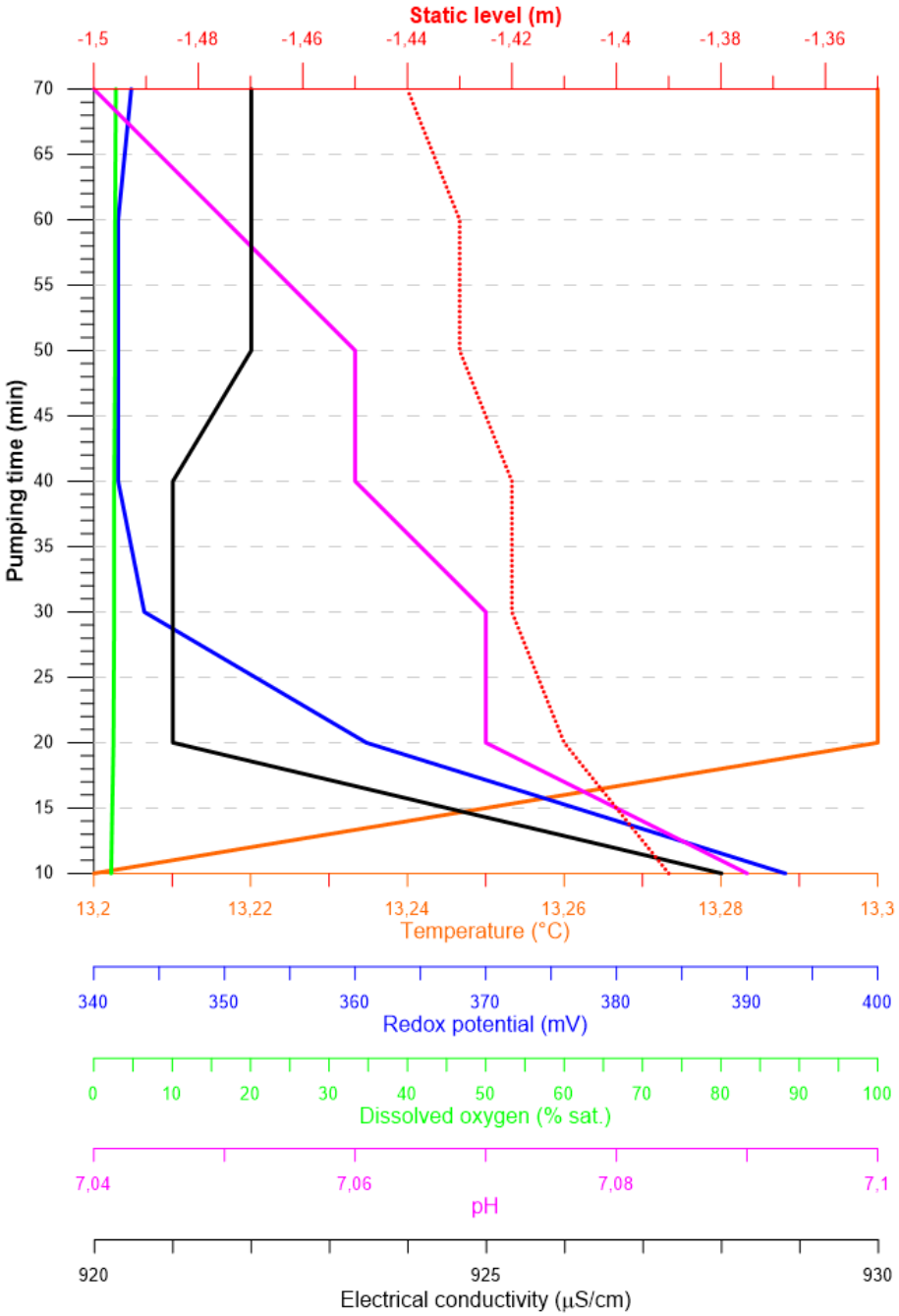


Figure 5 : Suivi des paramètres physico-chimiques durant le pompage de longue durée, piézomètre de Crispal.

T (°C)	pH	Cond25 (µS/cm)	O_2 (% sat.)	O_2 (ppm)	Eh (mV ESH)
13.3	7.04	922	2.8	0.28	340

Tableau 1 : Valeurs d'équilibre des paramètres physico-chimiques après 70 minutes de pompage à 9 m de profondeur.

2.2. PARAMETRES SUIVIS

Sur ce site, les analyses antérieures ont mis en évidence la présence de quelques pesticides, de quelques composés organiques volatils et de quelques métaux (extraction de données de la base ADES). La plupart des composés sensibles aux risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage sont absents, ce qui permettra d'évaluer les contaminations le cas échéant.

Les paramètres ont été sélectionnés parmi les paramètres analysés dans les programmes de surveillance des eaux souterraines en application de l'arrêté surveillance [9]. Cependant tous les paramètres de cet arrêté n'ont pas été analysés. Le choix s'est porté :

- Sur les paramètres présents sur le site (principalement métabolites de pesticides, composés organiques volatils, métaux)
- Sur les familles de paramètres non présents sur le site mais pour lesquelles des risques de contamination existent lors des opérations d'échantillonnage (phtalates, alkylphénols, produits de soin corporels, caféine, PFAS …)

La liste de paramètres initialement sélectionnés a été élargie avec des paramètres analysés par les laboratoires dans les mêmes filières analytiques. La liste des paramètres est présentée en Annexe 2 avec la famille chimique SANDRE, les limites de quantification (LQ) pratiquées pour l'essai et la LQ réglementaire [10]. Au total, 193 paramètres ont été analysés, avec les répartitions par famille chimique données dans le Tableau 2 ; les paramètres de la famille « divers » comportant les molécules suivantes : cotinine, diclofénac, ibuprofène, kétoprofène, caféine, éthylparabène, propylparabène, méthylparabène, métolachlore ESA, 1-hydroxy ibuprofène, 2-hydroxy ibuprofène, galaxolide, acide acétylsalycilique, alachlore ESA et dioxane-1,4.

famille chimique	Nombre
Acétamides et métabolites	5
Alcools et polyols (surfactant surfynol 104)	1
Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	9
Tensio actifs (1 laureth sulfate et 2-laureth sulfate)	2
Benzène et dérivés	11
COHV, solvants chlorés, fréons	27
Divers (autres organiques)	15
HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	17
Hydrocarbures et indices liés (MTBE)	1
métaux	16
Organométalliques	8
PFAS	64
Phtalates	16

Tableau 2 : Nombre de paramètres analysés par famille chimique

2.3. PARTICIPANTS

Comme pour l'essai de 2021, l'appel à participation pour cet essai a été fait via les agences de l'eau, via la commission AFNOR T91E sur l'échantillonnage des eaux, et via une communication sur le site Aquaref en février 2025. Tous les laboratoires s'étant inscrits ont pu participer.

Les 16 participants à l'essai sont, par ordre alphabétiques, les suivants :

- APAVE
- AQUABIO
- AQUANALYSE Laboratoire
- CARSO
- Conseil départemental côte d'or (21)
- Centre d'Analyse et de recherche
- CTC
- Laboratoire INOVALYS
- Laboratoire PHYTOCONTROL
- ISSeP
- LABEO
- LDA 39
- LDA 77
- MAPE
- TERANA Drôme
- WESSLING - ALS FRANCE

Les participants ont reçu en mars 2025, un document précisant les objectifs et consignes techniques (échantillonnages et mesures des paramètres physico-chimiques sur site à réaliser)

ainsi que les informations disponibles sur l’ouvrage puis en mai 2025 un document décrivant les échantillonnages à réaliser (nombre de flacons à remplir, présence de stabilisants, …).

3. Méthodologie

3.1. ORGANISATION DE L'ESSAI

3.1.1. Organisation d'une journée type

L'essai s'est déroulé sur une période d'une semaine, du 16 Juin au 20 Juin 2025. Seize (16) équipes de préleveurs ont participé à l'essai. Chaque journée était divisée en 4 créneaux d'intervention :

- 8h30-10h30
- 10h30-12h30
- 13h30-15h30
- 15h30-17h30

Parmi les 20 créneaux disponibles, 3 étaient réservés pour des « contrôles de site », c'est-à-dire des échantillonnages réalisés par l'organisateur. Ces 3 échantillonnages ont été répartis au cours de la semaine afin d'évaluer la stabilité du milieu. Le dernier créneau du vendredi n'était pas attribué pour permettre à l'organisateur de ramener les échantillons au BRGM pour les analyses PFAS et métaux.

Pendant les 2h d'intervention, en appliquant les conditions de routine, il a été demandé aux participants :

- d'appliquer leur mode opératoire d'échantillonnage ;
- d'utiliser leur propre matériel d'échantillonnage, en veillant à utiliser des matériels habituels des campagnes d'échantillonnage ;
- de réaliser les mesures des paramètres physico-chimiques sur site ;
- de réaliser un prélèvement en double dans l'ouvrage (remplissage de 2 flacons pour chaque paramètre). Il n'a pas été demandé aux participants de ressortir le matériel et le ré-installer dans l'ouvrage.

3.1.2. Flaconnage, conditionnement et transport

Le flaconnage a été fourni aux participants par les organisateurs.

Il était demandé à chaque participant de réaliser un prélèvement en double dans l'ouvrage, en condition de répétabilité. Compte tenu de la diversité et du nombre de molécules étudiées, 11 flacons étaient à remplir pour chaque échantillon, soit au total pour chaque participant 22 flacons. Afin de satisfaire les conditions de répétabilité pour chaque paramètre, il était demandé aux participants de remplir les flacons identiques l'un à la suite de l'autre (et non de remplir les 11 flacons pour le premier réplicat puis les 11 flacons pour le second réplicat).

Le détail des flacons et les consignes sont donnés dans le Tableau 3. En l'absence de consigne dans la colonne « consigne spécifique », les flacons étaient à remplir jusqu'au trait de jauge, lorsque le flacon en avait un, ou jusqu'à ras bord sinon. Les flacons contenant un réactif ne devaient pas être rincés avant échantillonnage. Ces consignes ont été envoyées aux participants en amont de l'essai et reprécisées le jour de l'essai.

Flacon	Nombre	Nature	Volume	Réactif	Consigne spécifique
1	1	Verre	500ml	Non	
2	3	Verre	1000 ml	Non	
3	2	Verre	40 ml	H_2SO_4	Ne pas rincer
4	1	Verre	500	$Na_2S_2O_3$	Ne pas rincer
5	1	PE	1000ml	Non	
6	1	HDPE	250 ml gradué	Non	Remplir jusqu'à 100 ml – ne pas rincer – ne pas vider le trop plein
7	1	PP	50ml	Non	Remplir au moins jusqu'à la moitié – flacon pour les PFAS
8	1	PE	100ml	Non	Flacon pour métaux dissous

Tableau 3 : Consignes de remplissage pour chaque flaconnage : nombre, type, présence de stabilisant

Des consignes de sécurité ont également été fournies :

- Lors des échantillonnages, port des EPI.
- Information sur la présence de stabilisants (acides ou bases, voir tableau) dans certains flacons, identifiés par le pictogramme ci-dessous.



Lorsque chaque participant a eu rempli tous ses flacons, ils ont été remis aux organisateurs puis placés dans en glacière réfrigérée.

Pour les métaux, l'analyse s'est faite sur échantillon filtré. Il a été demandé aux participants de réaliser la filtration des échantillons sur site avec leur matériel de filtration dans les conditions habituelles de leurs pratiques.

Les flacons pour les métaux ont été acidifiés immédiatement par les organisateurs avec HNO_3 (grade analyse « ultra traces »). Des contrôles qualité ont été réalisés tous les jours pour vérifier l'absence de contamination liée à cette étape. Tous les résultats des blancs réalisés ont été inférieurs aux limites de quantification du laboratoire (≤ LQ réglementaires) montrant ainsi l'absence de contamination liée aux flacons fournis ainsi qu'aux opérations de stabilisation sur site.

En fin de chaque journée les échantillons destinés aux analyses des micropolluants organiques (sauf PFAS) ont été mis en glacières puis envoyés par navette au laboratoire. Ils ont été réceptionnés et pris en charge par le laboratoire dans la soirée. Les flacons stabilisés pour analyses des métaux et les flacons pour l'analyse des PFAS ont été conservés au réfrigérateur puis acheminés au laboratoire du BRGM en fin de semaine.

3.1.3. Analyses

Les analyses ont été réalisées :

- dans le laboratoire Eurofins Maxéville (micropolluants organiques sauf PFAS)
- dans les laboratoires du BRGM à Orléans (PFAS et métaux)

Hormis pour la substance 1,1,1-Trichloroéthane ([1284]), les limites de quantification atteintes pour cet essai sont inférieures ou égales aux LQ réglementaires de l'avis agrément de 2019.

Pour les PFAS et les métaux, les extractions et les analyses ont été faites dans un ordre aléatoire afin de limiter la variabilité analytique dans l'exploitation des résultats. Pour ces paramètres, toutes les analyses ont été faites dans des conditions de répétabilité.

Pour les autres micropolluants organiques, le besoin de prise en charge rapide a nécessité des prises en charge et des analyses au fil de la semaine, en fonction de l'arrivée des échantillons.

3.1.4. Conditions météorologiques

L'essai s'est déroulé dans des conditions météorologiques stables, sans pluie. Les températures tout au long de la semaine ont été très élevées (autour de 28 - 32°C).

3.1.5. Suivi de site

Le site a fait l'objet d'un suivi durant l'essai afin de vérifier l'absence de dérive. Ce suivi a consisté à réaliser des échantillonnages et des mesures des paramètres physico-chimiques sur site comme les participants au début, au milieu et à la fin de l'essai (lundi matin, jeudi matin et vendredi après-midi). Les échantillonnages ont été faits dans les mêmes conditions techniques de profondeur de pompe, de durée et de débit de pompage :

- Profondeur de pompe : 9 m
- Débit de purge : 500 l/h
- Temps de purge : 30 min

Les variations de composition au cours de la semaine, pour les paramètres faisant l'objet de l'essai sont présentées et discutées dans l'exploitation quantitative des résultats. Concernant les éléments majeurs et les paramètres physico chimiques les évolutions au cours de la semaine sont présentées dans le Tableau 4.

	Début de l'essai	Milieu de l'essai	Fin de l'essai	Concentration moyenne	Ecart type (%)
Cl (mg/L)	59.6	59.4	59.3	59.4	0.3
F (mg/L)	0.31	0.31	0.31	0.31	0
NO_3 (mg/L)	81.1	79	81	80	1
SO_4 (mg/L)	48	48.1	48.3	48	0
Ca (mg/L)	110	108	108	108.7	1.1
K (mg/L)	18	17.8	17.5	17.8	1.4
Mg (mg/L)	28.7	28.3	28.4	28.5	0.7
Na (mg/L)	30.7	30.5	30.2	30.5	0.8
SiO_2 (mg/L)	24.6	24.5	24.6	24.6	0.2
COT (mg/L)	1.2	1.4	1.7	1.4	17.6
pH	7.04	7.04	7.03	7.04	0.08
Cond (µS/cm)	903	902	894	900	1
Temp (°C)	12.5	12.6	Non mesuré	12.6	0.6
O_2 (mg/L)	0.09	0.08	0.13	0.10	26.5
O_2 (%)	0.9	0.8	1.3	1.0	26.5
Redox brut (mV)	174	171	145	163	10
Redox corrigé (mV)	390	390	360	380	5
Turbidité (NFU)	<0,01	<0,01	Non mesuré	<0.01	

Tableau 4 : Résultats des analyses de suivi pour les éléments majeurs (mg/L) et les paramètres physico-chimiques, au début, au milieu et à la fin de la semaine.

La dispersion est très faible pour la quasi-totalité des éléments majeurs et des paramètres physico-chimiques. Ces résultats montrent donc une bonne stabilité des différents paramètres au niveau du site étudié sur la durée de l'essai permettant ainsi les comparaisons des résultats des participants sur la durée de l'essai. Les dispersions sont plus importantes pour certains paramètres dont les valeurs sont faibles, proches des LQ (O_2, COT) et pour le potentiel Redox, dont l'incertitude est plus forte. Les résultats pour ces paramètres ne remettent pas en cause la stabilité du site pendant l'essai. Les spécificités des paramètres O_2, potentiel Redox et turbidité seront prises en compte dans l'interprétation des résultats.

3.2. TRAITEMENT DES RESULTATS QUANTITATIFS

La méthodologie mise en œuvre lors de l'essai de 2021 a été réutilisée [3]. En particulier, il est important de rappeler que cet essai n'est pas un essai d'aptitude organisé dans le cadre réglementaire des agréments ministériels. Il s'agit d'un essai collaboratif dont l'objectif est en premier lieu de faire des constats généraux sur les pratiques, l'impact de ces pratiques sur les résultats et de faire progresser les exigences techniques, normatives ainsi que la connaissance des incertitudes relatives à l'échantillonnage.

Pour chaque paramètre, pour l'exploitation des résultats, 3 cas sont distingués :

- Les substances pour lesquelles aucune donnée n'a été quantifiée. Parmi ces substances, les substances pour lesquelles des risques de contamination sont connus seront mises en relief pour conclure que cet essai n'a pas montré de risque au regard des limites de quantification réglementaires actuellement appliquées.

- Les substances pour lesquelles quelques résultats ont été quantifiés. A l'inverse du cas précédent, ces situations seront exploitées dans un objectif de lister et quantifier d'éventuels risques de contamination liées aux opérations d'échantillonnage pour ces substances. L'exploitation sera qualitative et les discussions seront faites au cas par cas.
- Les substances pour lesquelles tous les résultats sont quantifiés (substances présentes sur l'ouvrage). Une attention particulière est portée aux concentrations mesurées des substances pour lesquelles un risque de contamination lors de l'échantillonnage existe afin d'identifier si une contamination a pu se produire pour certains participants.

Pour les substances qui ont été quantifiées par tous les participants, une exploitation statistique a été menée en suivant les principes de la norme NF ISO 13528 [11]. Pour chaque paramètre, la moyenne robuste et l'écart type robuste (σ) des résultats de tous les participants ont été calculés. Dans certains cas, un Z-score a également été calculé, comme cela est détaillé dans le rapport de l'essai de 2021 [3].

NB : Etant donné le caractère particulier de l'essai, par rapport à un essai interlaboratoire portant sur l'analyse par exemple, les Z scores sont fournis à titre indicatif. **Ils doivent impérativement être exploités en même temps que les commentaires fournis pour le paramètre considéré. Pour certains paramètres, les écart-types sont très faibles et donc certains Z-scores identifiés en surveillance ou en écart sont à considérer avec précaution.**

3.2.1. Résultats du suivi du site

A l'image de ce qui avait été fait en 2021, les résultats des 3 échantillons prélevés en double par l'organisateur pour le suivi de site ne sont pas utilisés pour la vérification de l'homogénéité du site au sens de la norme NF ISO 13528. En effet, les échantillons de suivi de site ont été prélevés à des jours différents, prenant en compte une dispersion analytique inter-jour et donc maximisant l'écart-type inter-échantillon.

Les résultats du suivi de site sont utilisés et indiqués sur les graphiques des résultats des participants afin de les comparer visuellement et le cas échéant de tenir compte de ces résultats dans l'interprétation.

3.2.2. Données des participants

Chaque participant a fourni 2 échantillons prélevés dans un laps de temps court, dans des conditions strictement identiques d'échantillonnage (profondeur, matériel, débit) et conditionnés dans 2 flacons différents (réplicats) soit au total 2 résultats.

Pour les substances quantifiées par l'ensemble des participants, la valeur assignée (X), l'écart type robustes (σ) ont été déterminés en appliquant l'algorithme A décrit dans la norme NF ISO 13528. Le Z-score est un des outils permettant d'évaluer la performance des participants. Il représente la mesure normalisée du biais du participant.

Il est calculé pour chaque participant, de la façon suivante :

$$Z_i = \frac{x_i - X}{\sigma}$$

où X et σ sont respectivement la valeur assignée et l'écart-type robuste obtenus lors de l'essai (suivant la norme NF ISO 13528)
x_i est la moyenne du participant i

Il est rappelé que, compte tenu du type d'essai particulier et des approximations faites, les Z-score calculés doivent être considérés avec précaution et de façon principalement indicative. Un Z-score supérieur à 3,0 ou inférieur à -3,0 donne par défaut un « signal d'action ». Un Z-score supérieur à 2,0 ou inférieur à -2,0 donne un « signal d'avertissement ». Les résultats pour lesquels |Z-score| < 2 sont considérés par défaut comme satisfaisants (ou conformes). Ils ne diffèrent pas de l'ensemble des résultats des autres participants.

3.2.3. Exemple d'un jeu de données pour les paramètres mesurés au laboratoire

Pour les substances quantifiées dans tous les échantillons, les données sont présentées sous forme graphique comme présenté sur la Figure 6. Afin de ne pas surcharger les graphiques les légendes ne sont pas systématiquement reportées :

- Les moyennes des 2 réplicats ont été calculées pour chaque participant et sont reportées en point bleu ;
- Une barre d'erreur est indiquée sur les réplicats des participants. Elle représente la dispersion des 2 réplicats du participant ;
- La moyenne robuste des résultats des participants (par défaut considérée comme la valeur assignée) est matérialisée par le trait plein orange ;
- Le signal « d'avertissement » correspondant à |Z-score| = 2 est matérialisé en trait pointillé orange ;
- Les données de contrôle du site sont représentées à gauche des résultats des participants (point noir avec barre d'erreur rouge correspondant à 2 fois l'écart-type obtenu lors des 3 mesures de contrôle du site).

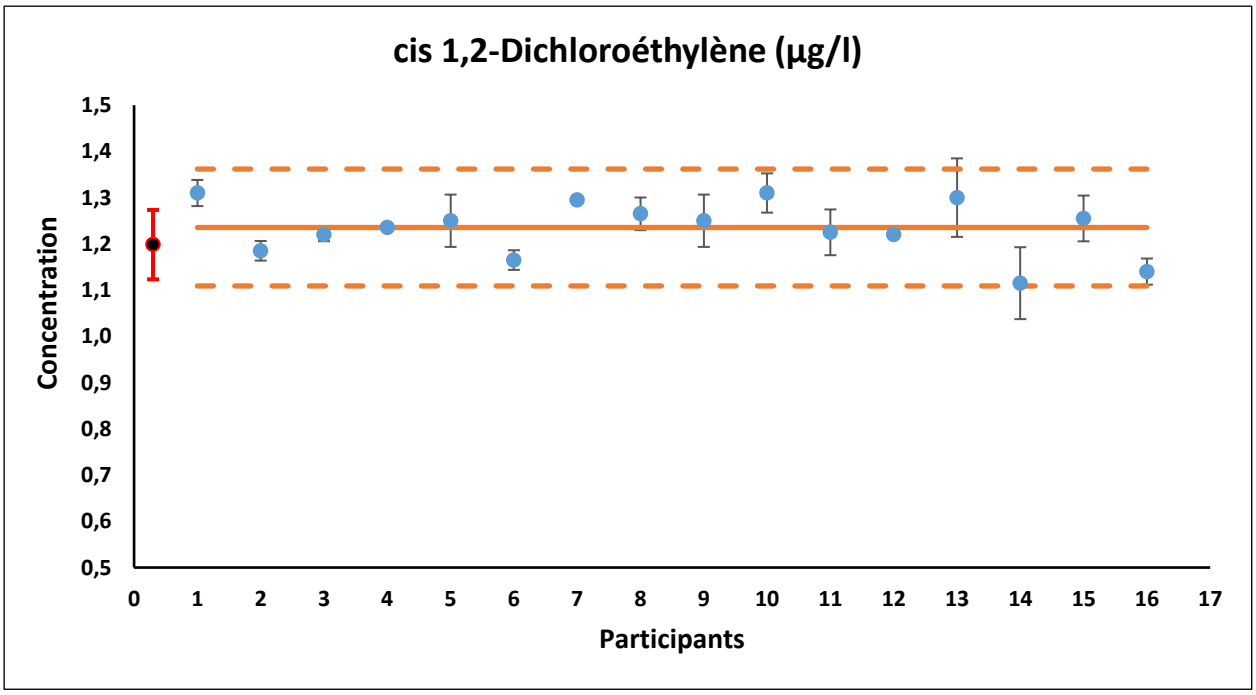


Figure 6 : Exemple de représentation graphique pour les paramètres mesurés au laboratoire

Pour les substances quantifiées par tous les participants, les tableaux de résultats sont fournis, indiquant de manière anonymisée pour les 16 participants :

- Les résultats des 2 mesures et la moyenne pour chaque participant
- Les z-scores. Les |Z-score| < 2 sont en vert, les 2 < |Z-score| < 3 sont en jaune et |Z-score| > 3 sont en rouge ;
- Les moyenne et écart type robuste (exprimé en %), déterminés avec l'algorithme A et utilisés pour le calcul du Z-score sont également indiqués en bas du tableau.

Tous les résultats de l'essai sont exprimés en µg/L à l'exception des résultats pour les PFAS qui sont en ng/L.

3.2.4. Cas des mesures physico-chimiques sur site

Pour les mesures physico-chimiques sur site, le jeu de données est légèrement différent puisqu'il n'y a pas eu de répétitions de mesure. Il n'y a qu'une valeur par participant. La représentation graphique est identique à celle de la Figure 6 sans les barres d'erreur pour les participants.

4. Résultats concernant les pratiques d'échantillonnage

4.1. PRATIQUES DES OPERATEURS

Le Tableau 5 présente les pratiques des opérateurs concernant le port de gants, rinçage, remplissage des flacons, et pratiques concernant la consommation de café ou cigarette et utilisation de crèmes. Les principales observations sont les suivantes :

Port de gants

Les pratiques peuvent être améliorées sur ce point : 5 participants n'ont pas mis de gants et 3 portaient des gants mais non changés juste avant l'échantillonnage. Le port de gant neufs juste au moment de l'échantillonnage n'est pas une garantie d'élimination des contaminations mais permet de les limiter fortement. Le port systématique de gants reste une exigence.

Rinçage et remplissage des flacons.

Les flacons sont majoritairement remplis à ras bord (14 participants) en cohérence avec les recommandations. A l'inverse, le rinçage 3 fois des flacons n'est pas systématique : 6 participants n'ont pas rincé les flacons et 4 ont rincé moins de 3 fois. Il est très difficile de relier ces pratiques à des résultats quantitatifs sur les paramètres analysés mais le rinçage par défaut des flacons 3 fois avec l'eau à échantillonner reste une exigence.

Café, cigarette et crème

Les pratiques sont données de façon factuelle sans interprétation. Il n'a pas été détecté de substances en lien avec ces pratiques à l'inverse de ce qui avait été observé en 2021 lors de l'essai de Gaye (caféine et galaxolide).

Conditionnement des métaux

Les pratiques concernant le conditionnement des métaux sont diverses et peuvent être améliorées. Les constats faits dans les parties suivants montrent que 6 participants sur 16 ont probablement contaminés les échantillons pour les métaux, même si ces contaminations sont de plus en plus faibles avec l'amélioration des pratiques et l'introduction des contrôles qualité échantillonnage. Parmi les pratiques à améliorer :

- Le rinçage de la seringue et du filtre à réaliser directement avec l'eau en sortie de pompage et non via un récipient intermédiaire ;
- Le prise d'échantillon pour filtration directement au tuyau et non dans un récipient intermédiaire ;
- Le rinçage des flacons avec de l'eau filtrée et non de l'eau brute.

Participant	Pratiques sur échantillonnage métaux	Rincage des flacons	Port de gants	Remplissage des flacons à ras bord	Café	Cigarette	Crème	Autres commentaires
1	Pas de rincage du flacon métaux et prise d'échantillon dans récipient avec les sondes pH, cond, ...	oui (3 fois)	oui	oui	oui	non	non	
2	Rincage corps seringue et filtre mais pas piston ni flacon.	oui (2 fois) sauf bouchon	non	oui	non	oui	non	
3	Rincage seringue et filtre mais pas rincage du flacon. Utilisation récipient intermédiaire	oui (3 fois)	oui	pas systématiquement	oui	oui	non	
4	Rincage seringue et filtre correct mais rincage flacons à la sortie du tuyau (non filtré).	non	oui	pas systématiquement	non	non	non	
5	Pas de rincage	oui (3 fois) sauf métaux	oui (mais non changés avant échantillonnage)	oui	oui	non	non	Raccord laiton sur le touret (sortie touret)
6		oui (1 fois)	oui	oui	non	non	non	
7	Prélèvement dans récipient intermédiaire. Pas de rinçage seringue/flacon). Rincage filtre	non	oui (mais non changés avant échantillonnage)	oui	oui	non	oui (solaire)	
8	prélèvement dans récipient intermédiaire rincé à l'eau ultrapure	non	oui	oui	non	non	non	Pas de rincage flacons. Prélèvement après raccord jardin et bout de tuyau silicone.
9	Rincage seringue - Prise d'essai échantillon dans le récipient intermédiaire.	non	non	oui	oui	non	non	
10	Filtration à la cafetière. Cafetière et filtres rincés à l'eau MQ. Pas les flacons.	non	oui	pas complètement	oui	non	non	
11	Rincage seringue/filtre mais pas flacon.	oui (3 fois)	non	oui	oui	non	non	
12	Rincage seringue et filtre avec eau du site mais pas de rincage du flacon.	oui (3 fois)	oui	pas systématiquement	non	non	non	
13	Remplissage sur récipient intermédiaire (flacon rincé avec l'eau du site non filtrée).	oui (3 fois)	non	oui	non	non	oui	
14	Rincage seringue et filtre pour les métaux directement à la sortie du tuyau et rincage du flacon avec eau filtrée	oui (une fois)	non	oui	non	non	non	
15	Pas de rincage filtre/seringue flacon	non	oui	oui	oui (matin)	non	non	
16	Rincage flacon à l'eau brute. Rincage filtre.Pas de rincage seringue.	oui (2 fois)	oui (mais non changés avant échantillonnage)	oui	non	non	non	

Tableau 5 : Synthèse des pratiques des opérateurs

4.2. MESURE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE

Les mesures du niveau piézométrique réalisées pendant la durée de l'essai, avant pompage, par les participants et lors des contrôles de site sont données sur la Figure 7. Une légère augmentation du niveau piézométrique semble s'être produite durant la semaine (environ 3 cm).

Pour cette mesure, différents points de référence ont été pris, selon les participants :

- Le haut de la margelle : 11 participants
- Le bas de la margelle : 3 participants
- Le haut du tubage : 2 participants

Le niveau haut de la margelle semblait le plus adapté (cf Figure 2).

De façon qualitative, certains participants ont des écarts de plus de 2 cm avec la tendance :

- Participant 9 : - 2cm
- Participants 3 et 11 : 3cm

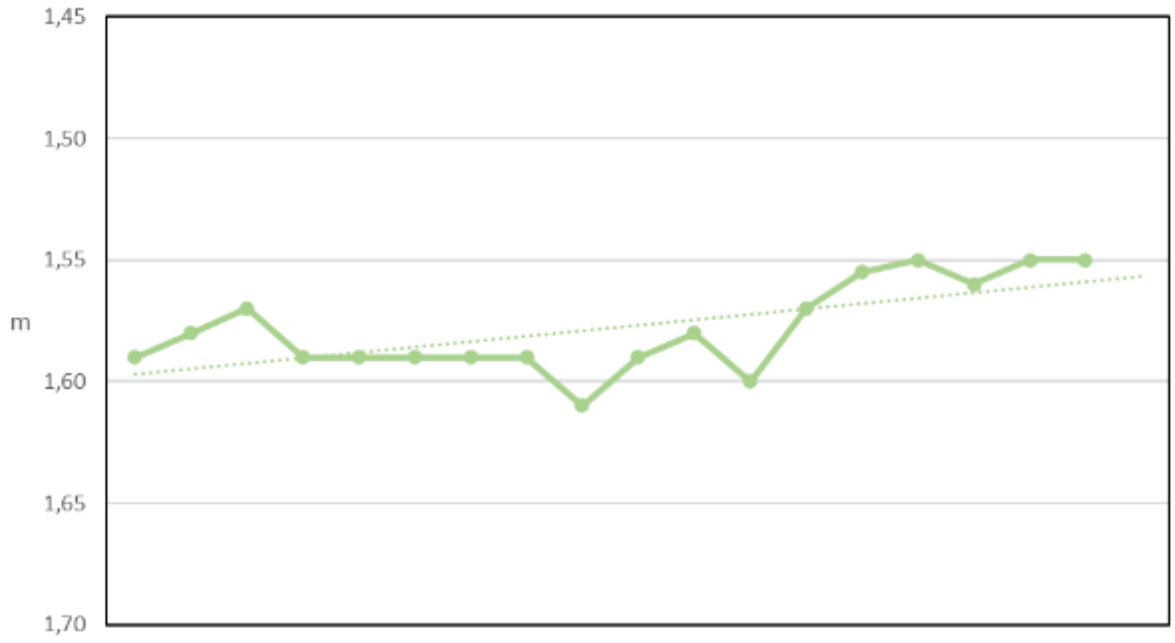


Figure 7 : Mesure du niveau piézométrique pendant l'essai, toutes mesures (y compris contrôles de site) dans l'ordre chronologique (sur 5 jours) et courbe de tendance (pointillés)

4.3. MATERIELS MIS EN ŒUVRE PAR LES PARTICIPANTS

Lors de cet essai, une grande variété de matériels a été mis en œuvre par les participants (cf Tableau 6), aussi bien au niveau des types de pompes, d'alimentation, mais également des tuyaux. En particulier, on peut noter l'utilisation de tuyaux en PTFE par certains participants (pratique qui fait parfois l'objet de questionnements quant à une contamination potentielle des échantillons en PFAS lors de l'échantillonnage).

En pratique dans cet essai, des recoupements ont été tentés lorsque des contaminations ont été identifiées, mais il n'a pas été possible d'établir un lien direct entre le matériel d'échantillonnage et ces contaminations (par exemple pour les composés volatils et l'utilisation d'un groupe électrogène). Pour les PFAS, il est très intéressant de noter que, malgré les craintes légitimes concernant l'utilisation de tuyaux en Téflon (souvent recommandés pour l'échantillonnage compte tenu de leur caractère inerte), cet essai n'a pas montré d'impact sur les résultats pour les molécules considérées (cf § 6).

Participant	Pompe	Alimentation	Type de tuyau
1	PP61 MegaMoosoon	Batterie	PTFE
2	Supertwister	Batterie	PVC
3	Megamonsoon XL puis MP1 (panne)	Batterie puis groupe	LDPE
4	Supertwister	Batterie	PVC
5	Supertwister	Batterie	PVC
6	MP1	Groupe	Caoutchouc nitrile
7	Twister	Batterie	PVC
8	MP1	Groupe	PTFE
9	Moonsoon	Batterie	PVC
10	Supertwister	Batterie	LDPE
11	MP1	Groupe dans la voiture	PTFE
12	MP1	Groupe	LDPE
13	MP1	Groupe	PTFE
14	PP61 MegaMoosoon	Batterie	Silicone
15	Superpurger WP 6012	Batterie	PVC
16	Supertwister	Batterie	PVC

Tableau 6 : Matériels mis en œuvre par les participants pour les échantillonnages

Le laboratoire organisateur a mis en œuvre une pompe twister sur batterie et un tuyau PVC.

4.4. PHASE DE PURGE

Tous les participants ont réalisé une purge, avec vérification de la stabilité des paramètres physico-chimiques avant d'échantillonner. Il s'agit du critère principal pour identifier la durée de la purge, comme cela est présenté dans le Tableau 7.

Les volumes purgés vont de 1 à 7 fois le volume de la colonne d'eau (Figure 8). Quelques volumes de purge sont faibles par rapport aux recommandations du fascicule de documentation pour les eaux souterraines FD T90-523-3 [12], qui indique « *A défaut, la stabilisation des paramètres physico-chimiques de terrain est considérée comme le critère principal de fin de purge et de début des opérations d'échantillonnage proprement dites. En parallèle, il est demandé de respecter le renouvellement d'un nombre minimum de 3 fois le volume de la colonne d'eau pour le volume de purge*. ». Cela n'a pas eu d'impact visible sur les résultats pour cet essai. On peut noter que les recommandations de la norme X31-615 [13], applicable dans le cas des sites et sols pollués, portent principalement sur la stabilisation des paramètres physico-chimiques.

Sur ce site relativement simple en termes de renouvellement d'eau, de volume à purger (volume faible), le respect du critère de 3 fois le volume de purge minimum pouvait être respecté aisément

pour répondre à la norme T90-523-3. Dix (10) des 16 participants n'ont donc pas respecté ce deuxième critère.

Part	Rapport Volume purgé / Vcolonne	Critère annoncé
P1	1,0	Stabilité en premier et minimum 1V
P16	1,2	10 min de purge min. 1 V et stabilité paramètre.
P10	1,5	Stabilité
P13	1,8	Principalement 2,5 V et en plus stabilité
P5	2,1	Stabilité
P9	2,1	Stabilité
P14	2,6	30 min minimum et stabilité
P12	2,7	3V + stabilité
P7	2,8	3V + stabilité
P11	2,9	Stabilité et 10 min de purge minimum
P4	3,4	3V + stabilité
P3	3,7	3V + stabilité
P15	3,9	4V (stabilité uniquement si gros volumes)
P2	3,9	3V + stabilité
P8	4,1	Habituellement stabilité (notamment contexte SSP)
P6	7,1	Principalement stabilisation + volume de rinçage 250 L)

Tableau 7 : Volumes purgés (par ordre croissant) et critères de fin de purge des participants (V=volume d'eau dans l'ouvrage)

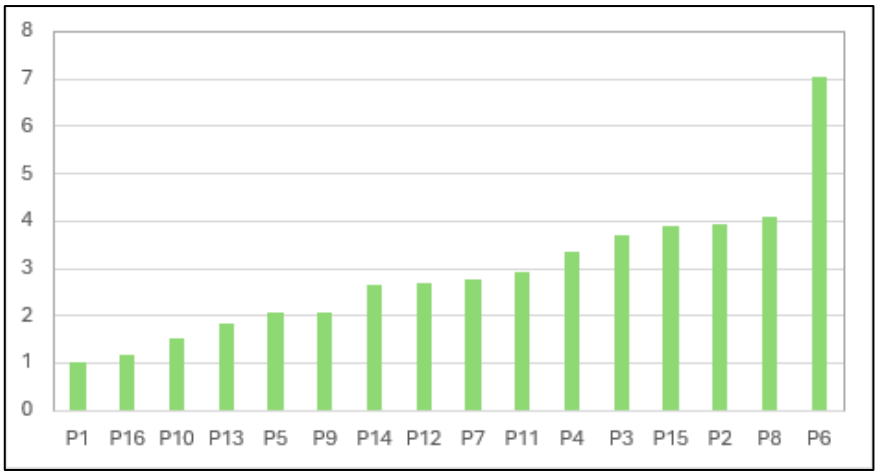


Figure 8 : Rapports volume purgé/ volume de la colonne d'eau pour chaque participant (triés dans l'ordre croissant)

4.5. PROFONDEUR D'ECHANTILLONNAGE

Les participants ont positionné leurs pompes à différentes profondeurs pour réaliser les échantillonnages (cf Figure 9) : entre 6 et 11 m de profondeur, ce qui correspond à 40 à 85 % de la colonne d'eau (0.4 à 0.85 dans la Figure 9). Quelques participants ont réalisé les échantillonnages à des profondeurs inférieures à celles préconisées dans FD T90-523-3, sans impact visible sur les résultats pour ce site. La recommandation dans le FD T90-523-3 étant « *A*

défaut d'information sur la profondeur de l'aquifère à prélever ou de la position de la zone crépinée, la pompe est positionnée dans le tiers inférieur de la colonne d'eau. ». On peut donc considérer, même si les écarts sont faibles et qu'il n'y a pas eu d'impact sur les résultats pour ce site, que les participants P13, 8, 9, 6, 12, 10, 15 et 16 (soit 8 équipes sur 16) ont choisi une profondeur insuffisante.

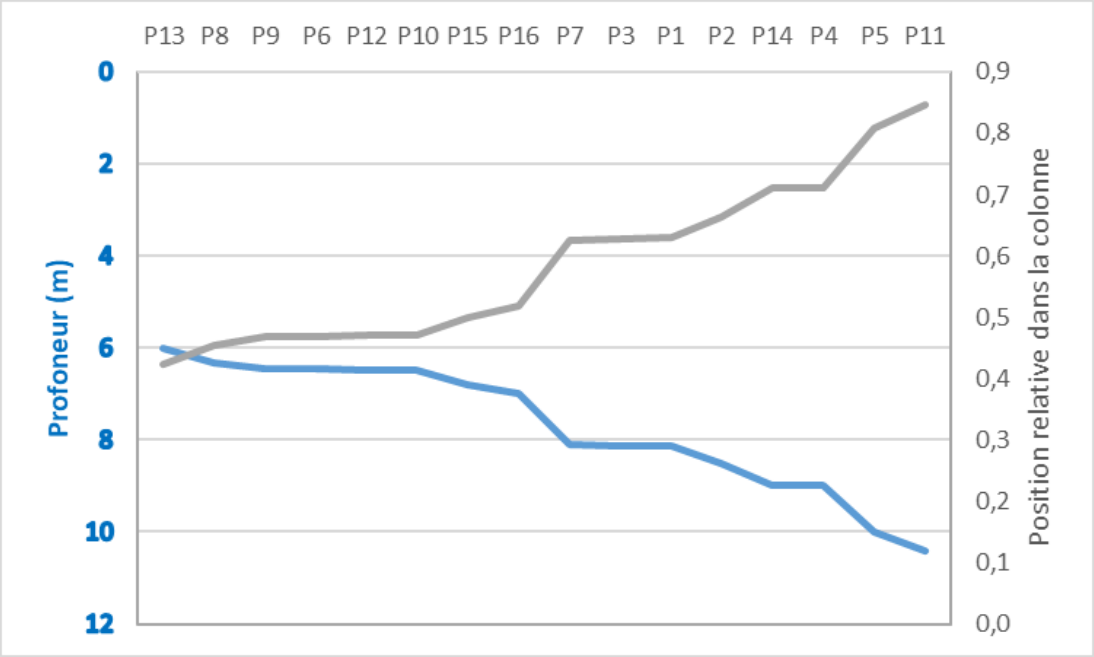


Figure 9 : Profondeur des échantillonnages pour chaque participant et position relative de la pompe dans l'ouvrage (la norme FD T90-523-3 demande une position dans le tiers inférieur de la colonne d'eau, soit une position relative supérieure à 0.66)

5. Résultats quantitatifs des paramètres physico-chimiques sur site

Les résultats de mesure des paramètres physico-chimiques sur site sont présentés dans les §5.1 à 5.6.

Pour la mesure de ces paramètres, les participants ont utilisé :

- Un seau : 10 participants
- Une cellule à circulation : 6 participants.

Le Tableau 8 présente de façon résumée les moyennes et écarts-types robustes de l'essai (résultats des participants) pour les mesures de terrain.

	Nombre de résultats	Moyenne robuste	Ecart type robuste (%)
pH (unité pH)	16	7.1	1.4
Conductivité à 25°C (µS/cm)	16	903	2.4
Température (°C)	16	13.8	6.7
potentiel rédox corrigé	9	313	25
Oxygène dissous (mg/l)	13	0.4	(92)
Taux de saturation en oxygène (%)	13	4.6	(94)
Turbidité (NFU)	10	1.1	(104)

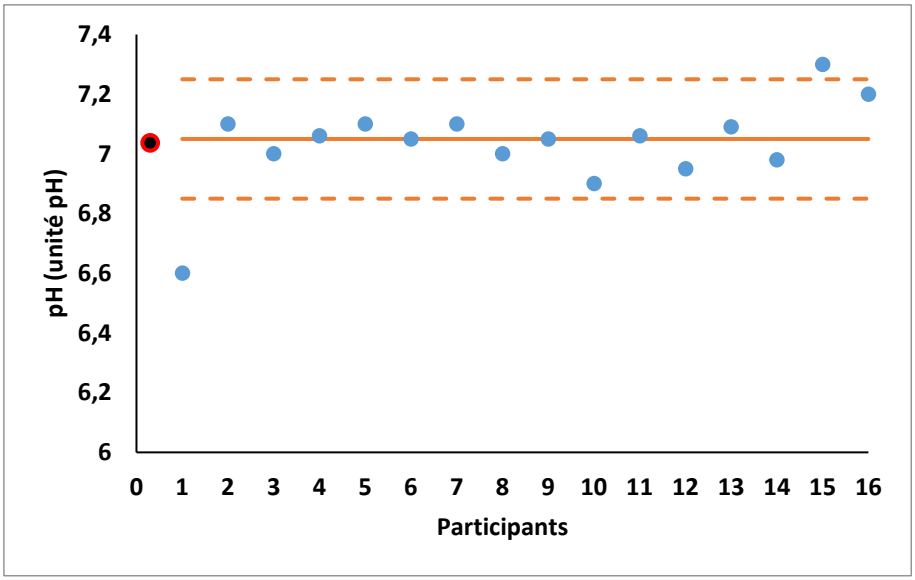
Tableau 8 : Synthèse des données de l'essai pour les mesures des paramètres physico-chimiques sur site (les valeurs données en grisé et entre parenthèses sont élevées, données à titre indicatif, voir les paragraphes dédiés plus bas)

Les écart-types en gris et entre parenthèse sont très élevés, ils seront discutés dans les sections spécifiques pour chaque paramètre.

On peut noter que certains participants n'ont pas réalisé la mesure de certains paramètres : redox, turbidité, oxygène dissous et taux de saturation en oxygène.

5.1. PH

La dispersion des résultats (écarts-types robustes) pour le pH est de 1 % dans cet essai. Il s'agit d'une valeur faible, du même ordre de grandeur que des dispersions observées lors d'essais interlaboratoires de laboratoire [14] ou de terrain sur d'autres types d'eau [15]. Les résultats obtenus sont donc très reproductibles. Un participant (P1) est en écart et un participant (P15) est en vigilance.

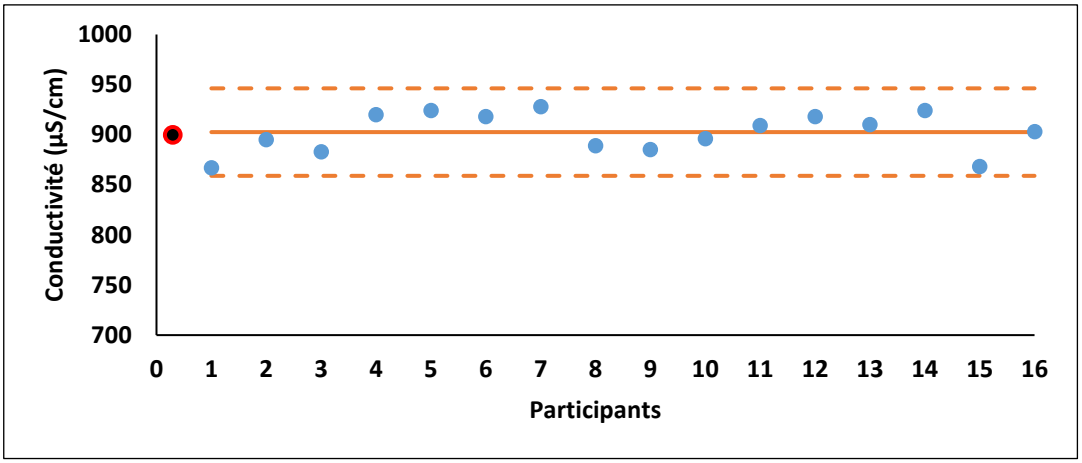


Participant	mesure	Z-Score
1	6.6	-4.50
2	7.1	0.50
3	7	-0.50
4	7.06	0.10
5	7.1	0.50
6	7.05	0.00
7	7.1	0.50
8	7	-0.50
9	7.05	0.00
10	6.9	-1.50
11	7.06	0.10
12	6.95	-1.00
13	7.09	0.40
14	6.98	-0.70
15	7.3	2.50
16	7.2	1.50
Moyenne robuste	7.05	
σ robuste (%)	1.4	

Figure 10 : Résultats de l'essai pour le pH (unité pH)

5.2. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La dispersion pour la conductivité électrique est de 2,4 %. Comme pour le pH, cette valeur est faible, bien que très légèrement supérieure à celles observées lors d'essais interlaboratoires laboratoires [14]. Prenant en compte les z-scores, aucun participant n'est en écart. Les résultats obtenus sont donc également très bons et reproductibles.



participant	mesure	Z-Score
1	867	-1.63
2	895	-0.35
3	883	-0.90
4	920	0.80
5	924	0.98
6	918	0.71
7	928	1.16
8	889	-0.62
9	885	-0.81
10	896	-0.30
11	909	0.29
12	918	0.71
13	910	0.34
14	924	0.98
15	868	-1.59
16	903	0.02
Moyenne robuste	903	
σ robuste (%)	2.4	

Figure 11 : Résultats de l'essai pour la conductivité électrique à 25°C (µS/cm)

5.3. TEMPERATURE

La dispersion pour la température est de 7 % (0,9°C avec min : 12,8 et max 15,8°C), ce qui est plus élevé que pour le pH et la conductivité électrique. Cette dispersion semble importante pour un paramètre normalement très bien maitrisé métrologiquement dans les laboratoires et pour une mesure appliquée à une masse d'eau *a priori* très homogène en termes de température, mais cela a déjà été identifié dans des essais d'aptitude sur d'autres types d'eau [15]. Cette dispersion peut être due (au moins en partie) aux échauffements en surface différents entre matin et après-midi (la Figure 12 montre les différences de dispersion entre matin et après-midi illustrant la plus grande difficulté à réaliser la mesure en cas de fortes chaleurs). Compte tenu des très fortes températures durant la semaine de l'essai, les températures mesurées l'après-midi sont en moyenne plus élevées que celles du matin.

Cette dispersion des températures, liée à une lecture en surface et qui est d'autant plus importante que la température de l'air est éloignée de la température de l'eau, n'est pas simple à diminuer. Elle dépend également des longueurs de tuyaux pour le rejet de l'eau et des possibilités d'ombre pour protéger ce tuyau (une attention particulière peut être apportée à ces 2 points pour une meilleure maitrise de cette mesure). Il s'agit donc d'un artefact à prendre en compte dans l'interprétation des données. Il pourrait être atténué si besoin par l'utilisation de sondes immergées et donc de lectures directement *in situ*.

Aucun participant n'est en écart sur ce paramètre, mais les interprétations sont à nuancer du fait de la variabilité de la température extérieure. La température réelle de l'eau est certainement la température la plus faible observée (environ 12.8°C pour les participants ; et 12.6°C pour le suivi de site en tout début de journée).

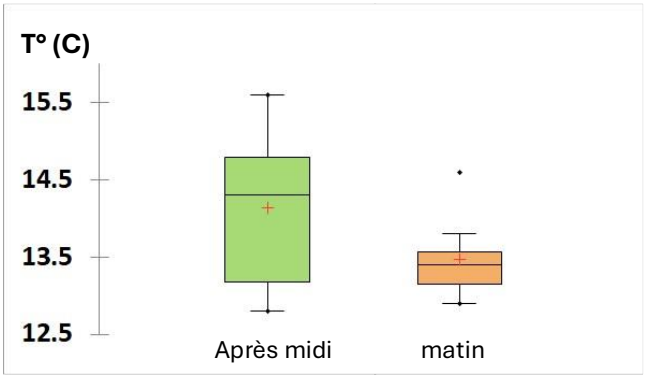
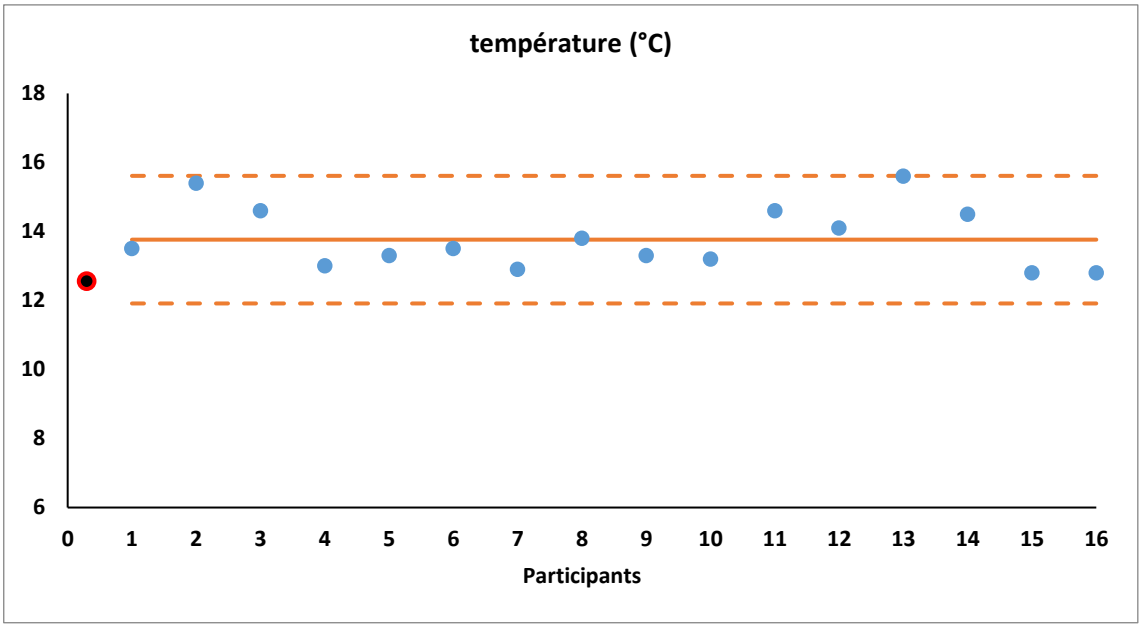


Figure 12 : Comparaison des températures relevées par les participants entre matin et après-midi. Les box plot présentent médiane (trait noir), moyenne (croix rouge), 1er et 3ème quartiles et données min et max.



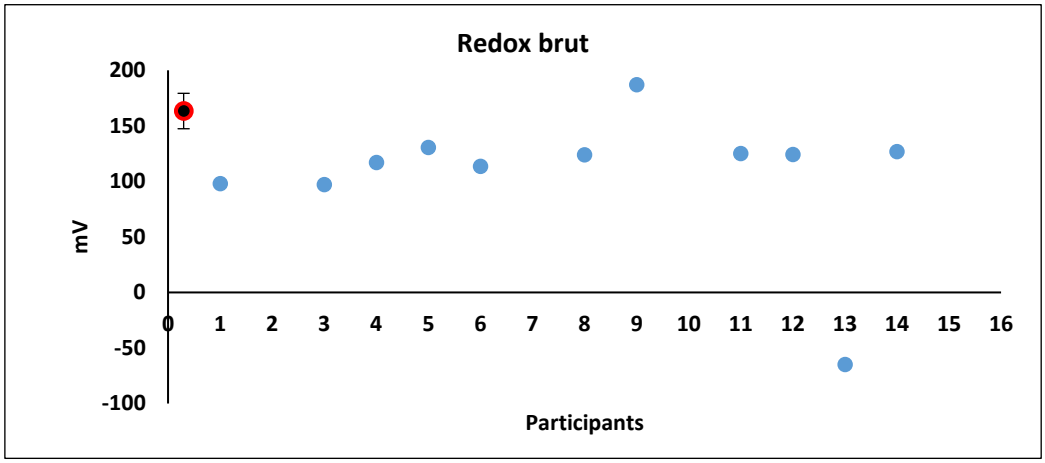
participant	Mesure	Z-Score
1	13.5	-0.28
2	15.4	1.77
3	14.6	0.91
4	13	-0.82
5	13.3	-0.50
6	13.5	-0.28
7	12.9	-0.93
8	13.8	0.04
9	13.3	-0.50
10	13.2	-0.61
11	14.6	0.91
12	14.1	0.37
13	15.6	1.99
14	14.5	0.80
15	12.8	-1.04
16	12.8	-1.04
Moyenne robuste	13.76	
σ robuste (%)	6.7	

Figure 13 : Résultats de l'essai pour la température (°C)

5.4. POTENTIEL REDOX

5.4.1. Redox brut

Cinq (5) participants n'ont pas mesuré ce paramètre. L'information sur le potentiel Redox brut est fournie à titre indicatif mais n'est pas exploitée car la mesure pertinente et qui peut être comparée entre participant est la mesure corrigée (cf paragraphe suivant). Il faut toutefois noter que certains participants ne connaissent pas les modes de rendu des résultats et des corrections apportées pour ce paramètre. Ces corrections sont parfois faites au niveau du laboratoire ou directement par les LIMS.



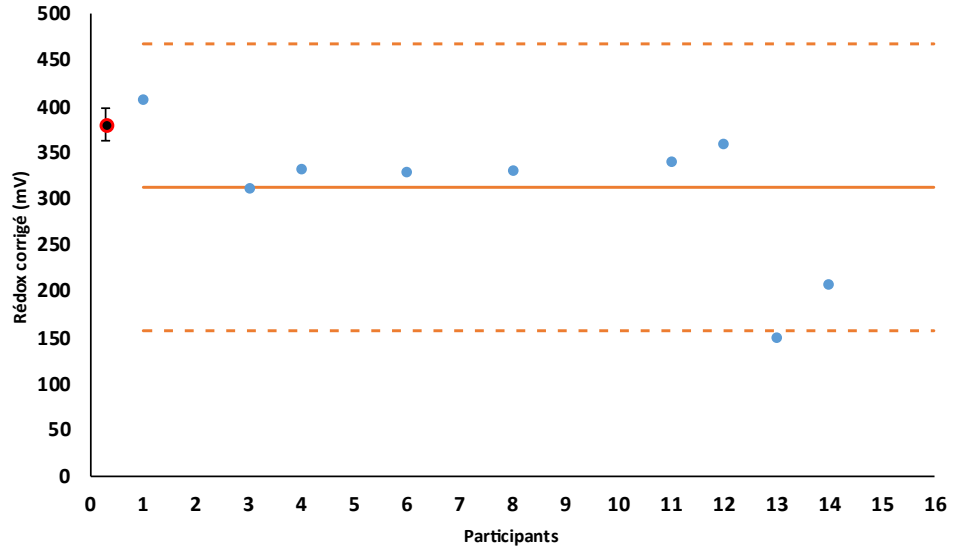
participant	R1
1	98
2	
3	97.1
4	117
5	130.6
6	113.5
7	
8	124
9	187
10	
11	125
12	124.3
13	-65
14	126.8
15	
16	

Figure 14 : Résultats de l'essai pour le potentiel rédox brut (mV) (en grisé, mesure non effectuée)

5.4.2. Potentiel rédox corrigé

Deux (2) participants (P5 et P9) n'ont pas fourni de valeurs corrigées. Ils ont rendu uniquement des valeurs de redox brut. Pour ce paramètre, la dispersion calculée à partir des 9 résultats est de 25%. Cette dispersion est importante pour un paramètre physico-chimique de terrain mais elle rend compte de la difficulté de mesure de ce paramètre. Compte tenu de cette dispersion, aucun participant n'est en écart.

Cependant de façon qualitative, deux résultats semblent légèrement sous-estimés par rapport aux autres (P13 et P14). La dispersion pour les 7 autres résultats est de l'ordre de 10%, ce qui est faible pour ce type de paramètre (dispersion de l'ordre de 15% lors de l'essai de 2021).



participant	R1	Z-score
1	407	1.21
2		
3	311.8	-0.01
4	332	0.25
5		
6	328.52	0.20
7		
8	331	0.24
9		
10		
11	340	0.35
12	360	0.61
13	150	-2.09
14	207	-1.36
15		
16		
Moyenne robuste	313	
σ (%)	24.9	

Figure 15 : Résultats de l'essai pour le potentiel rédox corrigé (Résultat R1 en mV)

La Figure 16 présente les corrections apportées par les participants. Il s'agit de corrections « classiques » d'environ 215 mV, sauf pour les participants P1 et P14.

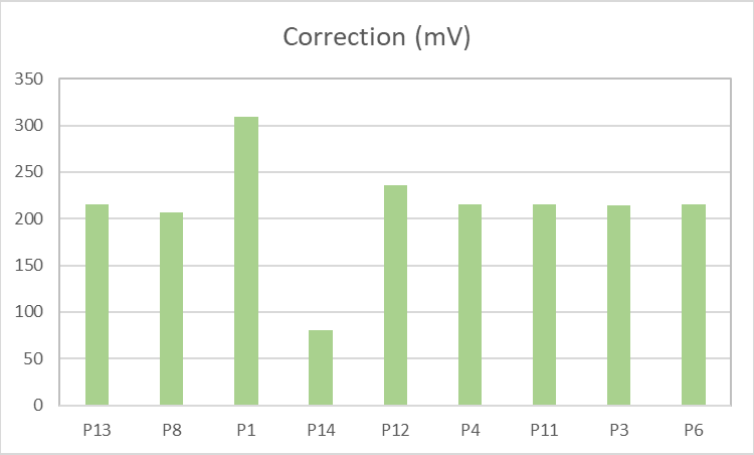
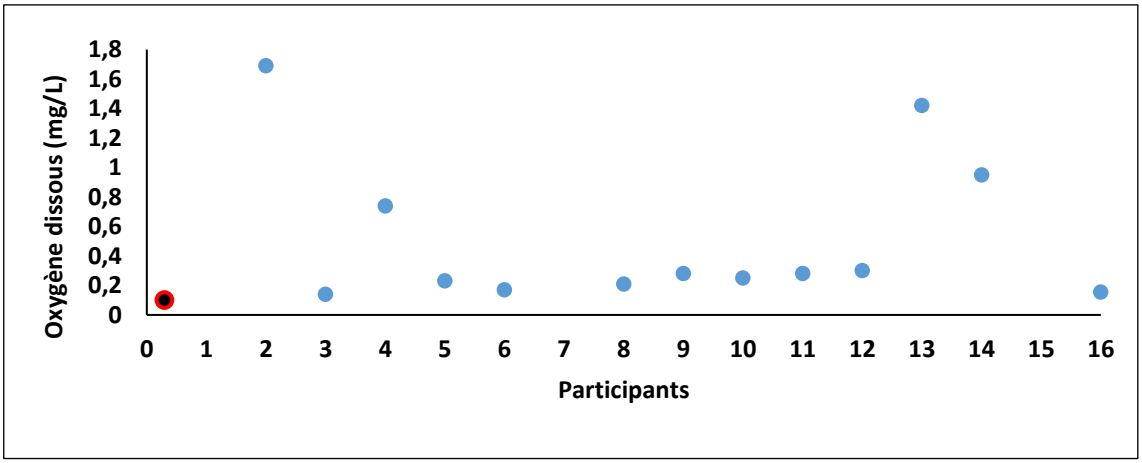


Figure 16 : Corrections apportées pour le calcul du potentiel rédox corrigé (en mV)

5.5. OXYGENE DISSOUS

La teneur en oxygène dissous est très faible sur ce site. Les résultats sont donc très dispersés, en lien avec cette faible teneur. Pour ce paramètre, il a donc été choisi de ne pas calculer de Z-score.

Qualitativement, on peut suspecter une surestimation de la teneur en oxygène dissous pour les participants P2 > P13 > P14 > P4.



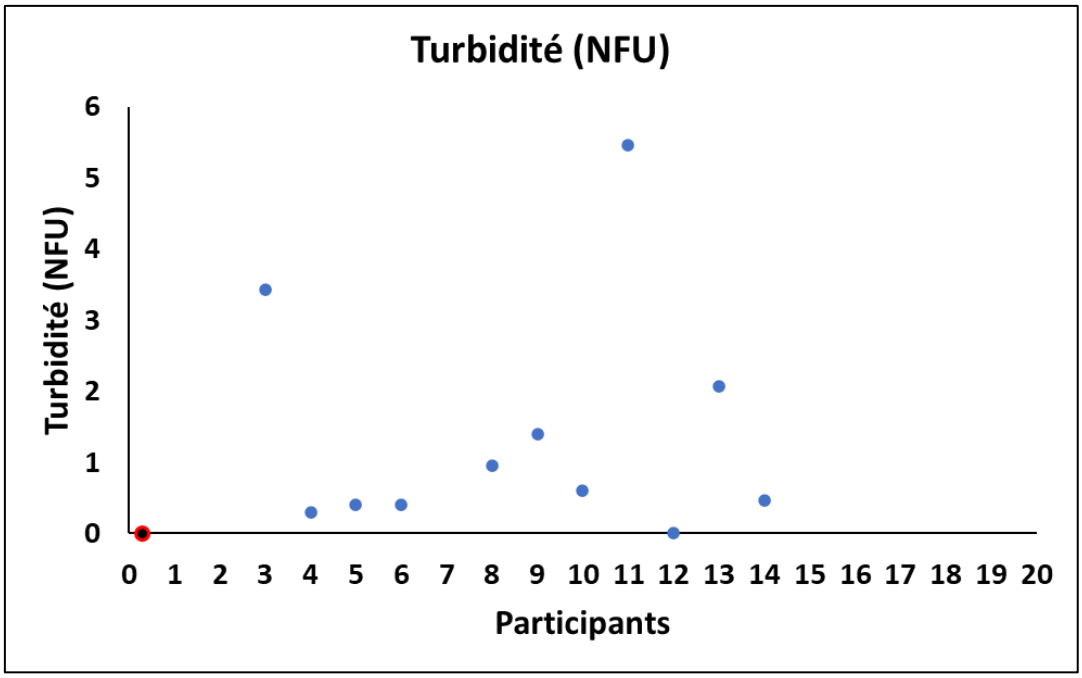
participant	R1
1	
2	1.69
3	0.14
4	0.739
5	0.23
6	0.17
7	
8	0.208
9	0.28
10	0.25
11	0.28
12	0.3
13	1.42
14	0.95
15	
16	0.155

Figure 17 : Résultats de l'essai pour l'oxygène dissous (en grisé, mesure non effectuée)

5.6. TURBIDITE

Cinq (5) participants n'ont pas mesuré ce paramètre. La dispersion des résultats obtenus lors de cet essai est beaucoup plus importante que celle mesurée lors d'essais interlaboratoires dans des conditions de laboratoire (CV_R de l'ordre de 15 % pour 1 NFU [14]). Les Z-scores n'ont pas été calculés pour ce paramètre compte tenu de la configuration des résultats (peu de résultats, quelques résultats très élevés et forte dispersion). Cependant, qualitativement, il semble que les résultats sont surestimés pour P3 et P11 notamment.

Les difficultés de mesure de ce paramètre lors de cet essai semblent liées au phénomène de condensation se créant sur les cuves, du fait des différences de température entre l'air (fortes chaleur) et l'eau souterraine pompée (environ 13°C). Ces difficultés de mesure de turbidité sur le terrain ont déjà été relevées lors de précédents essais [3], [15]. Il est donc important de rappeler qu'il faut être très vigilant à ces phénomènes de condensation lors de la mesure par exemple, en essuyant très fréquemment les parois des cuves et réalisant rapidement la mesure. La réalisation de plusieurs mesures pourrait contribuer à améliorer les résultats



participant	R1
1	
2	
3	3.43
4	0.3
5	0.4
6	0.41
7	
8	0.96
9	1.4
10	0.61
11	5.46
12	0
13	2.07
14	0.47
15	
16	

Figure 18 : Résultats de l'essai pour la turbidité

6. Résultats quantitatifs : paramètres organiques

6.1. PARAMETRES JAMAIS RETROUVES

Le tableau de l'annexe 3 liste les 136 paramètres organiques qui n'ont été quantifiés dans aucun échantillon prélevés par les 16 participants. Ces absences de quantification sont intéressantes car elles permettent de conclure à l'absence de contamination pour certaines molécules identifiées régulièrement comme pouvant être à risque.

Ainsi, on note l'absence de contamination pour les substances suivantes pour lesquelles des risques existent via l'opérateur (crème, pommade, cigarette, …) :

- caféine, malgré la confirmation de la prise de café dans la journée pour 6 participants,
- parabènes,
- cotinine,
- la plupart des PFAS ciblés dans cette étude.

On note également l'absence de contamination pour les substances suivantes, souvent largement citées comme potentiellement à risque via le matériel d'échantillonnage :

- la plupart des phtalates (exception : un participant en DBP, cf 6.2),
- la plupart des alkylphénols (exception : un participant en 4 nonylphénol, cf 6.2),
- bisphénol S,
- la plupart des PFAS ciblés dans cette étude,
- les détergents : surfynol, laureth sulfate 1 et laureth sulfate 2.

Le résultat concernant les PFAS est particulièrement intéressant. Pour cette famille de substances actuellement particulièrement surveillées, de nombreuses questions sont régulièrement posées sur les risques de contamination lors de l'échantillonnage (compte tenu de leur caractère fortement répandu dans la composition de nombreux produits). Aucune consigne n'avait été donnée aux participants quant à leur tenue vestimentaire et matériels utilisés vis-à-vis de cette famille de composés. Les résultats de cet essai montrent que ces risques semblent très faibles considérant notamment les limites de quantification pratiquées lors de l'essai (voir le tableau en annexe 2) et les conditions régnantes. Ces résultats devront cependant être confirmés dans d'autres études.

6.2. PARAMETRES RETROUVES DE FAÇON PONCTUELLE

Les paramètres retrouvés ponctuellement, c'est-à-dire uniquement dans certains échantillons, ont fait l'objet d'un traitement particulier. Il s'agit essentiellement d'identifier les contaminations apportées lors de l'échantillonnage. Toutes les valeurs quantifiées présentées dans cette section ont fait l'objet d'une traçabilité auprès du laboratoire d'analyse pour confirmer les valeurs.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 9, de la manière suivante :

- Si les 2 réplicats du participant sont quantifiées,
  - Le rapport $\frac{Moyenne\ des\ Réplicats}{LQ}$ est calculé et reporté dans la cellule correspondante.
  - La cellule est en rouge car le résultat est considéré comme significatif en termes de contamination lors des opérations d'échantillonnage : les réplicats du

participant sont cohérents et positifs tandis que les autres participants ont des valeurs < LQ. Le chiffre indique donc la proximité ou pas avec la LQ.

- Si un seul des 2 réplicats du participant est quantifié (l'autre étant < LQ) :
  - Le rapport $\frac{Résultat}{LQ}$ est calculé et reporté dans la case correspondante.
  - La case reste en blanc car le résultat n'est pas considéré comme significatif en termes de contamination lors des opérations d'échantillonnage, puisque les 2 réplicats du participant ne sont pas cohérents (un résultat quantifié et un résultat < LQ). Une contamination analytique au laboratoire est également envisageable dans ces cas. Les concentrations mesurées sont uniquement données à titre indicatif.

Les résultats du contrôle de site sont également présentés, de manière similaire. Cependant, pour ces données, 6 mesures ont été réalisées, contre 2 pour les participants. Pour le contrôle de site, il y a donc une information de fréquence de quantification (« fréq suivi »), en plus des concentrations mesurées.

Ainsi, par exemple, le participant 3 a quantifié du 2-méthylnaphtalène dans ses 2 échantillons à une concentration à 2 fois la LQ du laboratoire. La case est donc rouge (car les réplicats sont cohérents) et la valeur dans le tableau est 2 (car la valeur moyenne quantifiée est à 2 fois la LQ). Il a également quantifié du bisphénol A dans un seul des échantillons à une concentration au niveau de la LQ. La case est donc blanche (car un seul réplicat a été quantifié) et la valeur dans le tableau est 1 (car la concentration mesurée est au niveau de la LQ).

Les résultats pour lesquels des contaminations ont été identifiées sont décrits ci-dessous. Pour ces paramètres, il est de la responsabilité du laboratoire de rechercher l'origine de la contamination ; les organisateurs de l'essai ne disposant pas de toutes les données sur le matériel utilisé (état d'usage et utilisations antérieures des pompes et tuyaux notamment).

Pour les HAP, cet essai a mis en évidence des risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage pour le **2-méthylnaphtalène** uniquement (pour 2 participants), et à des concentrations faibles, proches de la LQ (de l'ordre de 5 à 10 ng/L). Ce risque de contamination pour le 2-méthylnaphtalène avait déjà été identifié lors de l'essai de 2021 pour un participant sur un de ses prélèvements (18 ng/L) [3].Ces contaminations en 2-méthylnaphtalène peuvent être rapprochées des contaminations observées pour les BTEX dans cet essai (cf § 6.4.3).

En ce qui concerne les phtalates, une contamination en **DBP (dibutylphtalate**) a été identifiée. Le participant P7 a 2 réplicats cohérents avec des concentrations faibles, proches de la LQ du laboratoire (0.066 et 0.053 µg/L). La question se pose d'assimiler ces résultats à une contamination lors de l'échantillonnage. Un lien avec le matériel mis en œuvre lors de l'essai n'a pas pu être établi. Des faux positifs ont déjà été rapportés dans des études AQUAREF précédentes [16] (à hauteur de 0.05 µg/L environ) et des difficultés analytiques peuvent être rencontrées pour cette molécule.

Une contamination en **4-nonylphénol** a été identifiée. Les 2 réplicats du participant P7 sont cohérents, il s'agit d'une contamination avérée pour ce paramètre, la concentration (0.14 µg/L pour les 2 réplicats) étant 7 fois au-dessus de la LQ du laboratoire. Ce risque de contamination pour ce paramètre avait déjà été identifié lors de l'essai de 2021 pour un participant avec des concentrations autour de 0.08 à 0.09 µg/L.

Concernant le **NBBS**, les résultats de 7 participants et du contrôle de site sont > LQ, mais les réplicats ne sont pas cohérents ; En effet, dans chaque cas, un des réplicat est positif tandis que le second est <LQ. Pendant l'essai on peut noter que la LQ du laboratoire a varié (0,1 à 0,3 µg/L), ce qui semble mettre en avant des difficultés analytiques pour ce paramètre. Les quantifications ne sont donc pas considérées comme significatives de contaminations lors des opérations d'échantillonnage.

Les **BTEX** sont les paramètres organiques pour lesquels les contaminations sont les plus généralisées et les plus importantes (en particulier pour les participants 3 et 4, respectivement en m+p xylène et en toluène). Des contaminations pour ces paramètres avaient déjà été mises en évidence lors de l'essai de 2021 pour 5 participants, avec des concentrations maximales de 1.5 µg/L pour m+p-xylène, 0.9 µg/L pour le o-xylène et 0.7 µg/L pour le toluène. Un recoupement a été fait entre les contaminations observées et l'utilisation d'un groupe électrogène lors de l'échantillonnage mais il n'a pas permis d'établir un lien direct (exemple du participant P4 qui a utilisé une batterie mais a pourtant contaminé ses échantillons). Pour les participants ayant utilisé une batterie et pour lesquels une concentration > LQ a été mesurée, il a été demandé, à l'issue du traitement de ces données, s'ils avaient de l'essence dans leur camion. Les participants P4, P7et P16 confirment qu'ils n'avaient pas de groupe électrogène ni d'essence dans le camion. Ils ont fait le plein de leur camion la veille de l'essai et/ou après l'essai. Pour ces paramètres, il faut noter également des contaminations lors du contrôle de site, en particulier en m+p-xylène et en toluène. Cela est très inattendu car les échantillonnages n'ont pas été réalisés en utilisant un groupe électrogène. De plus, de grandes précautions ont été prises lors des échantillonnages, en ce qui concerne la purge avant échantillonnage et le port de gants. Il y avait bien de l'essence dans le camion contenant le matériel, mais la configuration était identique à celle mise en œuvre lors de l'essai de 2021, au cours duquel aucune contamination n'avait été constatée lors du contrôle de site. L'origine de la contamination n'est donc pas identifiée.

Dans la famille des PFAS, une contamination en **FOSA** a été identifiée pour le participant P9 (concentration de 0.46 et 0.63 ng/L) et en **PFHpA** pour le participant P14 (0.15 ng/L). Il s'agit de contaminations de très faible ampleur (< 1 ng/L) identifiables du fait des LQ très faibles atteintes pour les PFAS.

Pour les autres HAP, bisphénol A, caféine, diclofenac, 6 :2 FTAB et alachlor ESA, les quantifications n'étant pas retrouvées sur les 2 réplicats des participants, aucune contamination liée à l'échantillonnage n'est identifiée de façon sure.

En conclusion,

- Aucune contamination n'a été identifiée pour 8 participants : P1, P5, P9, P10, P11, P12, P13, P15.
- Les principales contaminations ont été observées pour les BTEX, 4NP et FOSA.
- Les contaminations BTEX et 4NP avaient déjà observées lors de l'essai de 2021.
- De faibles contaminations ont été mises en évidence pour DBP, 2-méthylnaphtalène et PFHpA. Une faible contamination en 2-méthylnaphtalène avait été mise en évidence lors de l'essai de 2021.

Il est recommandé d'inclure ces molécules dans les contrôles qualité des laboratoires.

paramètre	Chrysène	Benzo(ghi)Pérylène	Phénanthrène	pyrène	2-méthylnaphtalène	Alachlor ESA	Bisphénol A	Caféine	Diclofénac
Code sandre	1476	1118	1524	1115	1618	6800	2766	6519	5349
LQ	0.0018	0.0006	0.002	0.002	0.005	0.02	0.02	0.01	0.01
Unité	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
freq suivi									
C° suivi									
Part 1			1						
Part 2	1	2		2		1			
Part 3					2		1		
Part 4				2			2		
Part 5									
Part 6		15							
Part 7									
Part 8			2						
Part 9									
Part 10									
Part 11		2						1	
Part 12									
Part 13									1
Part 14									
Part 15		1						2	
Part 16					1	1			

paramètre	Dibutyl phtalate (DBP)	4-Nonylphenol	N-Butylbenzene sulfonamide (NBBS)	o-Xylène	m+p-Xylène	Toluène	6:2 FTAB	FOSA	PFHpA
Code sandre	1462	1958	5299	1292	2925	1278	7991	6548	5977
LQ	0.05	0.02	0.1	0.03	0.03	0.1	0.1	0.1	0.1
Unité	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
Freq suivi			1/6	2/6	6/6	6/6			
C° suivi			2	2	4	2			
Part 1									
Part 2			1						
Part 3			1	2	8	2			
Part 4			2			9			
Part 5									
Part 6				1					
Part 7	1	7			1				
Part 8			2		1	2			
Part 9							3	5	
Part 10									
Part 11			1						
Part 12									
Part 13			3						
Part 14					1				2
Part 15			1						
Part 16				1	2				

Tableau 9 : Paramètres organiques mesurés de façon ponctuelle

6.3. PARAMETRES NON EXPLOITABLES

Une attention particulière est apportée aux résultats pour 2 paramètres dont les concentrations sont difficilement explicables dans cet essai.

D'une part, pour le **PFPeA**, pour les échantillons prélevés par 8 participants au milieu de l'essai, des concentrations faibles, mais supérieures à la LQ du laboratoire ont été mesurées. Les valeurs sont cohérentes entre les réplicats. Il a été demandé au laboratoire si des résultats inférieurs à la LQ pouvaient être fournis de façon informative pour ce paramètre. Les résultats complets sont fournis à la Figure 19. Il s'agit de l'ensemble des mesures réalisées pour ce paramètre au cours de l'essai, dans l'ordre chronologique et incluant les résultats des participants et les contrôles de site. Il en ressort que les valeurs quantifiées sont faibles, au maximum à 2 fois la LQ. Les extractions et analyses pour ce paramètre ont été réalisées dans un ordre aléatoire. Une tendance d'évolution des teneurs au cours de l'essai semble mise en évidence en prenant en compte le fait que les analyses ont été réalisées dans un ordre aléatoire et que tous les contrôles qualités ont été corrects. Un effet analytique est donc peu probable. Néanmoins, aucune explication n'a été identifiée pour expliquer ces valeurs. Une modification dans la nappe d'eau au cours de l'essai n'est pas exclue mais n'apparait absolument pas sur l'analyse des éléments majeurs ou sur d'autres micropolluants. Un effet lié à l'échantillonnage semble peu probable.

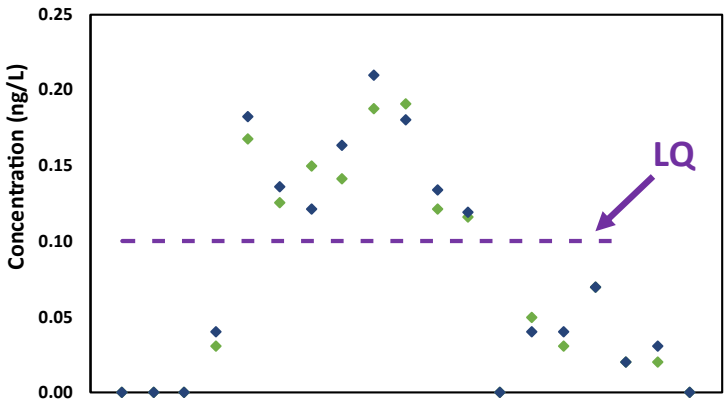


Figure 19 : Résultats des mesures de PFPeA lors de l'essai, dans l'ordre chronologique (sur 5 jours) incluant les résultats des participants et les contrôles de site de façon indifférenciée (dans chaque cas les 2 réplicats sont matérialisés par des losanges vert et violet)

.

D'autre part, les résultats pour le **monobutylétain** sont également étonnants et inexploitables. Comme le montre la Figure 20, présentant l'ensemble des résultats de l'essai (participants et contrôle de site) dans l'ordre chronologique, il semble qu'il y ait une augmentation de la concentration au cours de l'essai, sans que cela puisse être lié à un effet dû à l'échantillonnage. Un lien avec le niveau piézométrique, qui augmente très légèrement au cours de l'essai pourrait être fait mais sans explication évidente. Pour ce paramètre, les analyses n'ont pas été réalisées dans un ordre aléatoire.

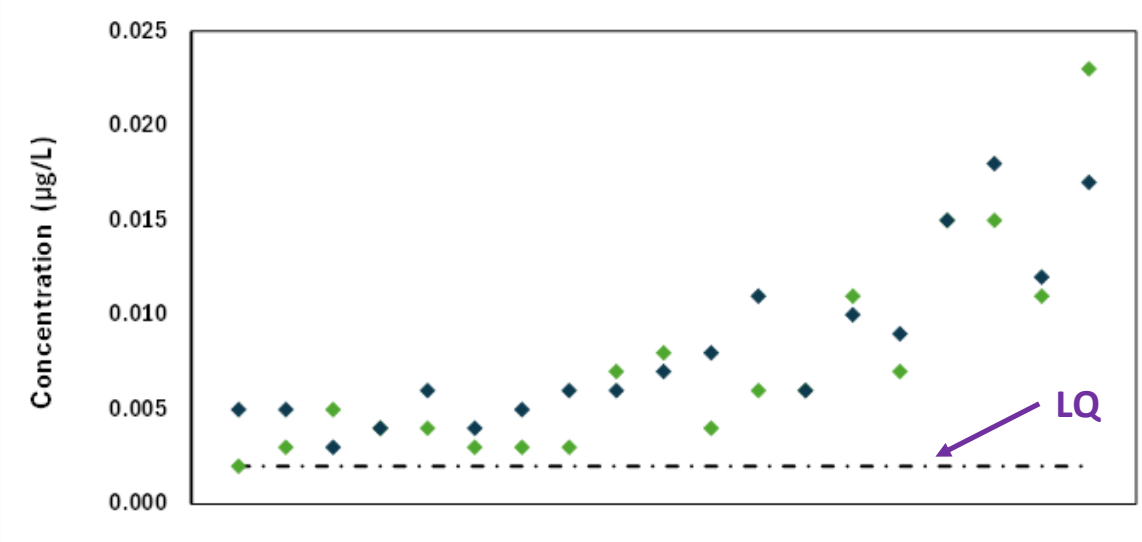


Figure 20 : Résultats des mesures de monobutylétain cation lors de l'essai, dans l'ordre chronologique incluant les résultats des participants et les contrôles de site de façon indifférenciée (dans chaque cas les 2 réplicats sont matérialisés par des losanges vert et violet)

6.4. PARAMETRES SYSTEMATIQUEMENT QUANTIFIES

Les 19 paramètres systématiquement quantifiés ont fait l'objet d'un traitement statistique décrit en § 3.2. Le Tableau 10 précise, pour chaque paramètre, la moyenne et l'écart-type robustes (σ) de l'essai. Les résultats complets sont détaillés dans les paragraphes suivants. Les paramètres concernés, présents sur le site sont : 1,4 dioxane, 5 métabolites de pesticides, 3 composés organiques volatils et 10 PFAS.

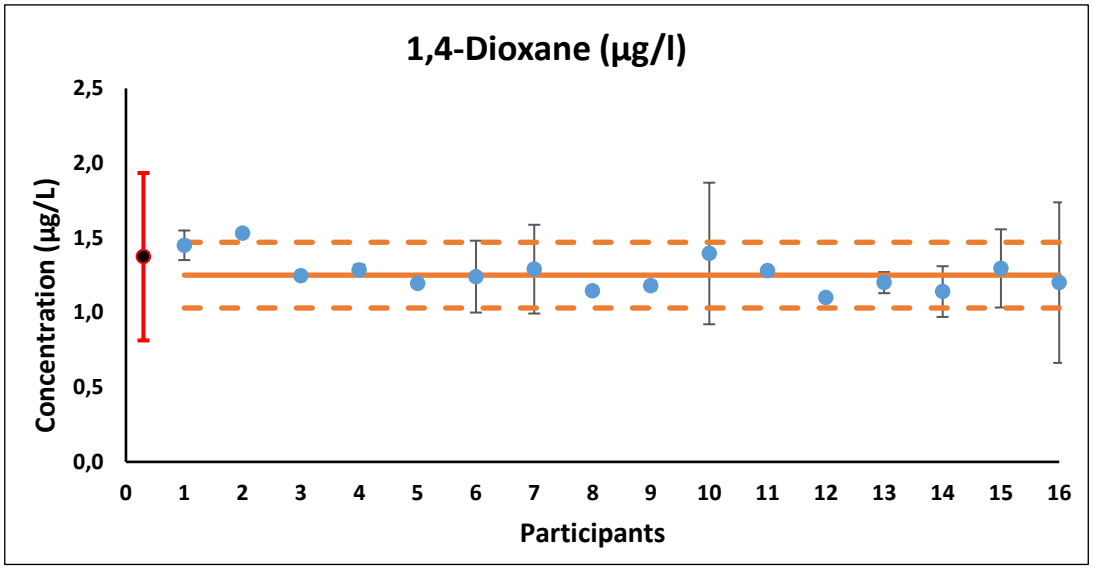
	Unité	Moyenne robuste	Ecart type robuste σ (%)
1,4-dioxane	µg/L	1.25	8.8
Diméthachlor CGA 369873	µg/L	0.013	7.8
Diméthachlor ESA	µg/L	0.017	11.0
Diméthénamide OXA	µg/L	0.011	9.2
Diméthénamide ESA	µg/L	0.18	3.3
Métolachlor ESA	µg/L	0.25	12.8
Trichloroéthylène	µg/L	0.27	20.4
Tétrachloroéthylène	µg/L	1.03	23.7
Cis 1,2-dichloroéthylène	µg/L	1.24	5.1
TFA	ng/L	2455	1.5
TFMS	ng/L	115	1.8
PFBA	ng/L	1.34	6.7
PFBS	ng/L	1.84	1.6
PFPrS	ng/L	0.68	1.6
PFPeS	ng/L	1.31	2.8
PFHxS	ng/L	6.29	2.3
PFHpS	ng/L	0.13	7.6
PFOA	ng/L	0.34	6.9
PFOS	ng/L	1.96	3.3

Tableau 10 : Moyenne et écart-type robustes de l'essai pour les paramètres organiques systématiquement quantifiés

6.4.1. 1,4 dioxane

Les résultats pour 1,4 dioxane sont présentés dans la Figure 21. Un des réplicats du participant P2 n'est pas cohérent avec les autres résultats puisqu'il est < LQ tandis que la moyenne de l'essai est à 1.25 µg/L, soit plus de 2 fois la LQ du laboratoire (0.5 µg/L). Cet effet ne peut pas être attribué à un effet lié à l'échantillonnage. Une traçabilité a été demandée au laboratoire et le résultat est confirmé. Cette valeur (<LQ) n'a dont pas été prise en compte pour les calculs statistiques et le Z-score du participant 2 n'a pu être calculé.

L'écart type robuste mesuré dans cet essai est de 8.8%, ce qui est faible et tous les z-scores des participants sont strictement inférieurs à 2. Cela met en évidence la bonne cohérence des résultats. Pour certains participants, une dispersion plus importante est obtenue entre les 2 réplicats. Cela est observé également dans les contrôles de site et est plutôt attribué à une dispersion analytique.



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.38	1.52	1.45	1.8
2	<0.50	1.53	1.53	
3	1.25	1.24	1.25	0.0
4	1.26	1.31	1.29	0.3
5	1.18	1.21	1.20	-0.5
6	1.41	1.07	1.24	-0.1
7	1.08	1.5	1.29	0.4
8	1.14	1.15	1.15	-1.0
9	1.2	1.16	1.18	-0.6
10	1.73	1.06	1.40	1.3
11	1.28	1.28	1.28	0.3
12	1.11	1.09	1.10	-1.4
13	1.15	1.25	1.20	-0.5
14	1.02	1.26	1.14	-1.0
15	1.48	1.11	1.30	0.4
16	1.58	0.82	1.20	-0.5
Moyenne robuste			1.25	
σ (%)			8.8	

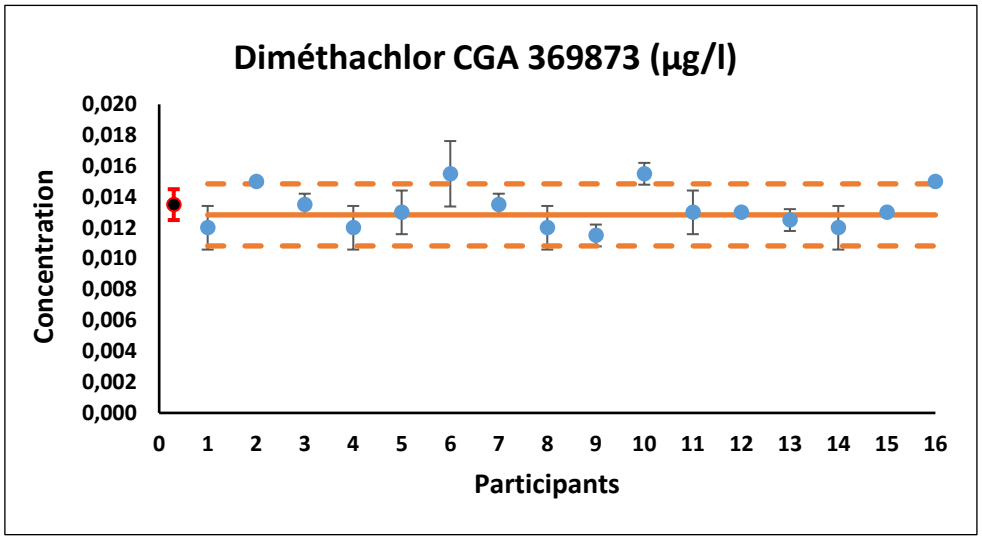
Figure 21 : Résultats de l'essai pour le 1,4 dioxane

6.4.2. Métabolites de pesticides

Cinq (5) molécules de cette famille ont été quantifiées dans le milieu (Figure 22 à Figure 26). Les résultats sont très cohérents avec des écart-types robustes très faibles (3.3 à 12.8 %).

Pour le Diméthachlor CGA 369873, 1 réplicat des participants P2 et P16 est très différent des autres valeurs (plus de 2 fois supérieurs à la moyenne robuste). Des traçabilités ont été demandées au laboratoire et les résultats sont confirmés, mais ils ne sont pas cohérents par rapport aux autres valeurs. Cette molécule ne fait pas partie des molécules à risque de contamination lors de l'échantillonnage. Ces 2 valeurs apparaissent donc en grisé dans le tableau de la Figure 22 et n'ont pas été prises en compte pour les calculs statistiques. La moyenne robuste est très proche de la LQ du laboratoire (0,01 µg/L) et les résultats sont très cohérents entre les participants. Il a été décidé de ne pas calculer de Z-score pour ce paramètre (les

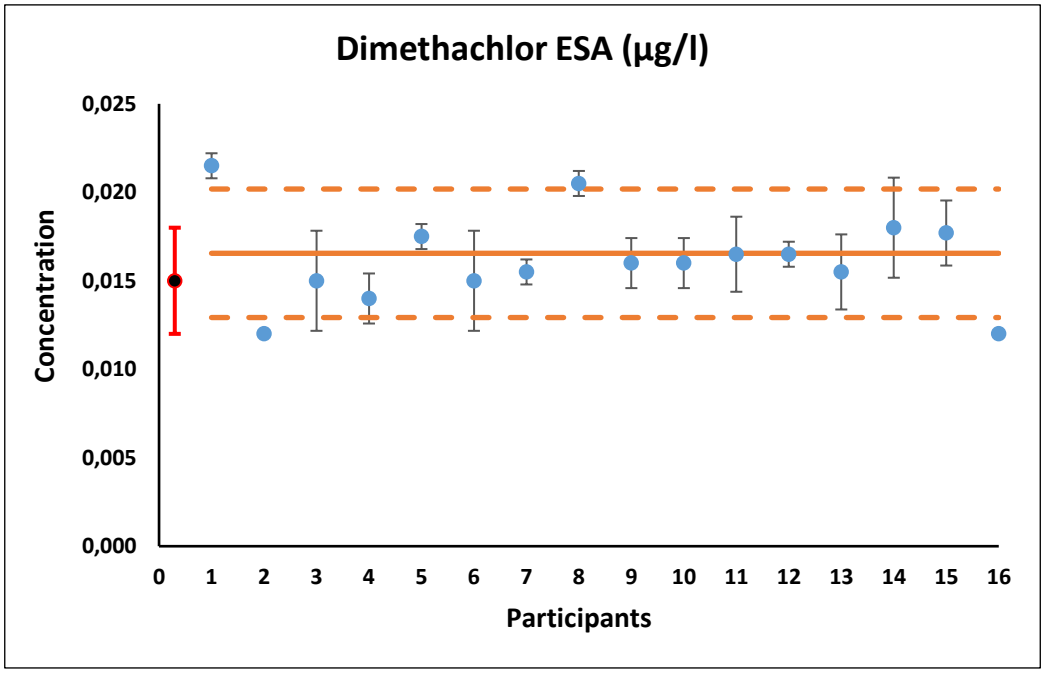
résultats des participants au-delà de 2 fois l'écart-type robuste ne pouvant pas être considérés comme « à surveiller » du fait de la très faible dispersion des résultats et des teneurs très faibles).



participant	R1	R2	Moyenne
1	0.013	0.011	0.012
2	0.037	0.015	0.015
3	0.013	0.014	0.014
4	0.013	0.011	0.012
5	0.012	0.014	0.013
6	0.014	0.017	0.016
7	0.013	0.014	0.014
8	0.011	0.013	0.012
9	0.011	0.012	0.012
10	0.015	0.016	0.016
11	0.012	0.014	0.013
12	0.013	0.013	0.013
13	0.013	0.012	0.013
14	0.011	0.013	0.012
15	0.013	0.013	0.013
16	0.030	0.015	0.015
Moyenne robuste			0.013
σ (%)			7.8

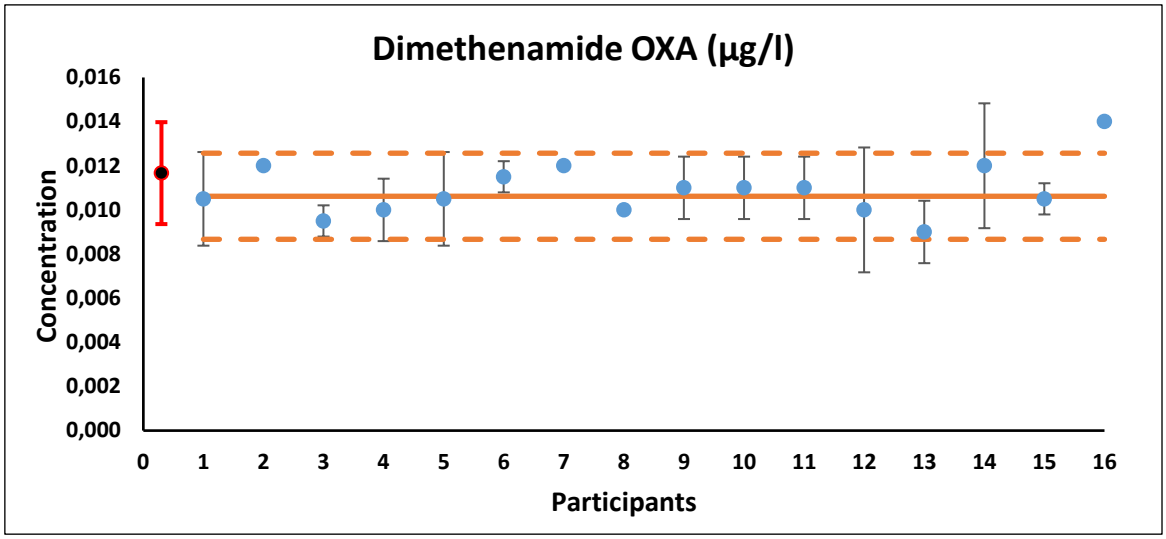
Figure 22 : Résultats de l'essai pour le diméthachlor CGA 369873 (LQ = 0,01 µg/L)

Pour diméthachlore ESA (Figure 23), diméthenamide OXA (Figure 24) et métolachlore ESA (Figure 25), un des réplicats des participants P2 et P16 est inférieur à la LQ du laboratoire (0.005 µg/L pour le diméthachlore ESA et diméthenamide OXA et 0.01 µg/L pour le métolachlore ESA), tandis que toutes les autres valeurs sont quantifiées. Des traçabilités ont été demandées au laboratoire et les résultats sont confirmés, mais ils ne sont pas cohérents par rapport aux autres valeurs. Les valeurs inférieures à la LQ n'ont pas été prises en compte pour les calculs statistiques. Les concentrations mesurées pour ces 3 paramètres sont de l'ordre de 3 fois la LQ du laboratoire et les écart-types robustes sont de l'ordre de 10%, ce qui démontre une bonne cohérence entre les résultats des participants, y compris à des concentrations faibles. Etant donné que 2 valeurs ne sont pas cohérentes par rapport aux autres du fait d'un artefact probablement non lié à l'échantillonnage, il a été décidé de ne pas calculer de Z-score pour ces 3 paramètres.



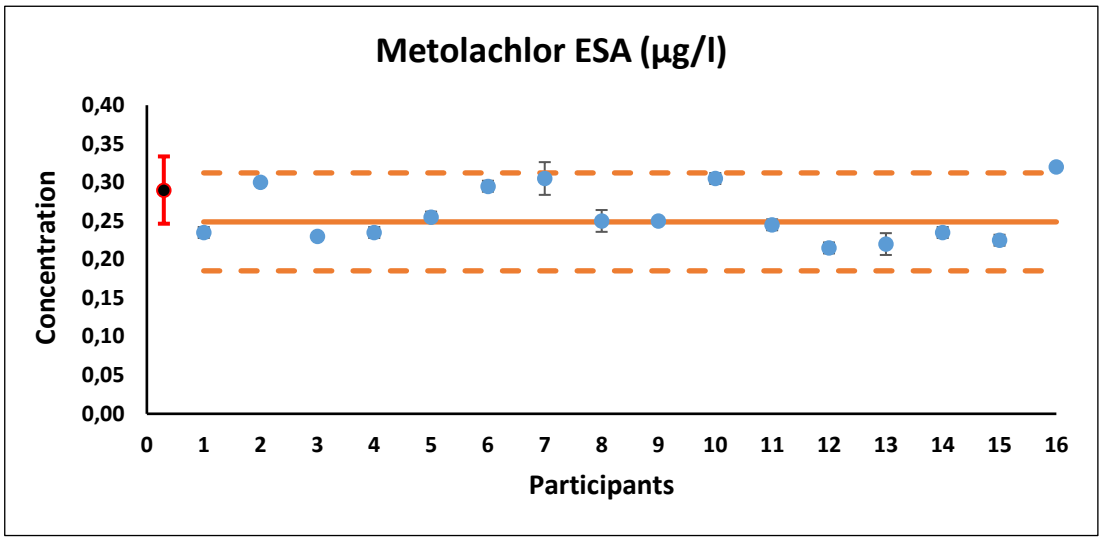
participant	R1	R2	Moyenne
1	0.021	0.022	0.022
2	<0.005	0.012	0.012
3	0.017	0.013	0.015
4	0.015	0.013	0.014
5	0.017	0.018	0.018
6	0.013	0.017	0.015
7	0.015	0.016	0.016
8	0.021	0.020	0.021
9	0.017	0.015	0.016
10	0.015	0.017	0.016
11	0.015	0.018	0.017
12	0.017	0.016	0.017
13	0.014	0.017	0.016
14	0.020	0.016	0.018
15	0.016	0.019	0.018
16	<0.005	0.012	0.012
Moyenne robuste			0.017
σ (%)			11.0

Figure 23 : Résultats de l'essai pour le diméthachlor ESA (LQ = 0,005 µg/L)



participant	R1	R2	Moyenne
1	0.009	0.012	0.011
2	<0.005	0.012	0.012
3	0.009	0.01	0.010
4	0.009	0.011	0.010
5	0.009	0.012	0.011
6	0.012	0.011	0.012
7	0.012	0.012	0.012
8	0.01	0.01	0.010
9	0.01	0.012	0.011
10	0.01	0.012	0.011
11	0.01	0.012	0.011
12	0.008	0.012	0.010
13	0.01	0.008	0.009
14	0.01	0.014	0.012
15	0.011	0.01	0.011
16	<0.005	0.014	0.014
Moyenne robuste			0.011
σ (%)			9.2

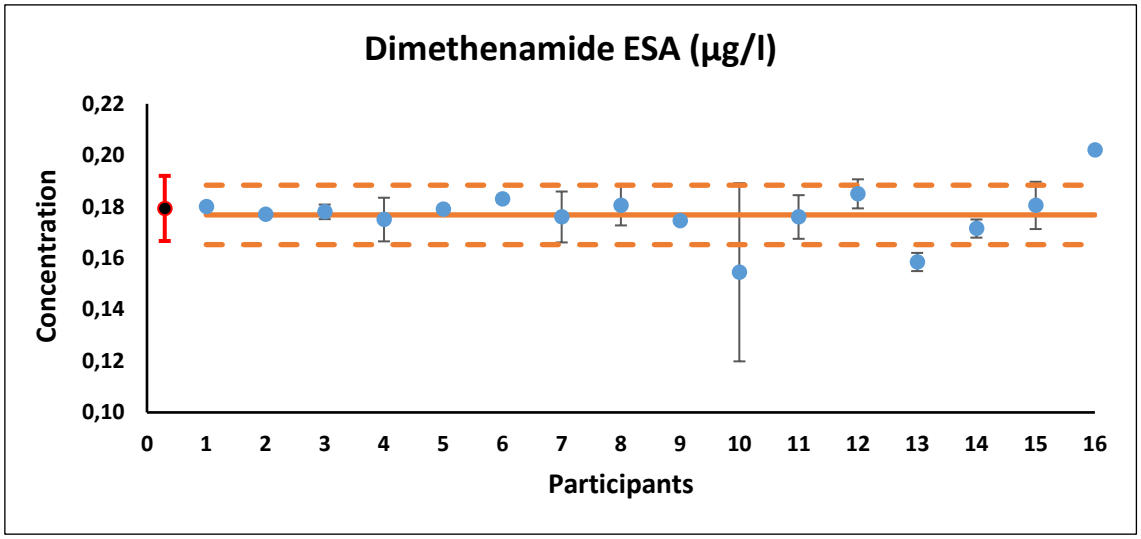
Figure 24 : Résultats de l'essai pour le dimethenamide OXA (LQ = 0,005 µg/L)



participant	R1	R2	Moyenne
1	0.23	0.24	0.24
2	<0.01	0.3	0.30
3	0.23	0.23	0.23
4	0.23	0.24	0.24
5	0.26	0.25	0.26
6	0.29	0.3	0.30
7	0.29	0.32	0.31
8	0.26	0.24	0.25
9	0.25	0.25	0.25
10	0.3	0.31	0.31
11	0.25	0.24	0.25
12	0.21	0.22	0.22
13	0.23	0.21	0.22
14	0.23	0.24	0.24
15	0.23	0.22	0.23
16	<0.01	0.32	0.32
Moyenne robuste			0.25
σ (%)			12.8

Figure 25 : Résultats de l'essai pour le métolachlor ESA (LQ = 0,01 µg/L)

La concentration mesurée pour le diméthénamide ESA (Figure 26) est plus élevée que pour les métabolites précédents, mais les commentaires précédents concernant les réplicats des participants P2 et P16 restent valables. Les Z-scores n'ont pas été calculés pour ce paramètre. Un des réplicats du participant P10 semble plus faible que les autres valeurs, sans qu'une raison n'ait pu être identifiée.



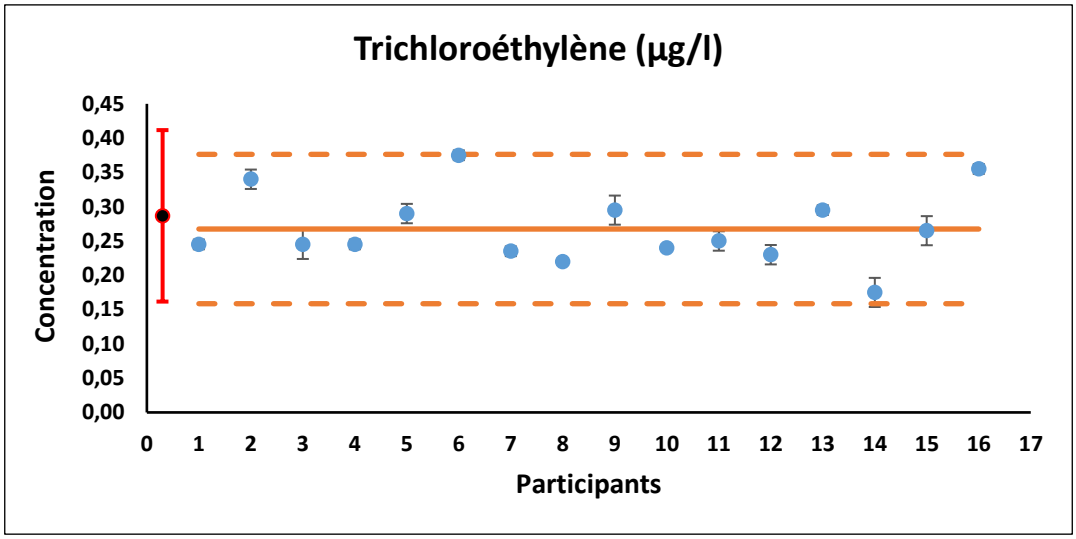
participant	R1	R2	Moyenne
1	0.18	0.18	0.180
2	<0.005	0.177	0.177
3	0.176	0.18	0.178
4	0.181	0.169	0.175
5	0.178	0.18	0.179
6	0.184	0.182	0.183
7	0.169	0.183	0.176
8	0.175	0.186	0.181
9	0.175	0.174	0.175
10	0.13	0.179	0.155
11	0.182	0.17	0.176
12	0.189	0.181	0.185
13	0.161	0.156	0.159
14	0.174	0.169	0.172
15	0.187	0.174	0.181
16	<0.005	0.202	0.202
Moyenne robuste			0.18
σ (%)			3.3

Figure 26 : Résultats de l'essai pour le Diméthénamide ESA (LQ =0,005 µg/L)

6.4.3. Substances volatiles

a) Trichloroéthylène

Les résultats pour ce paramètre sont donnés dans la Figure 27. La dispersion (20%) est du même ordre de grandeur que celle obtenue dans les essais interlaboratoires (24,3 % à 10 µg/L [14]) alors que la concentration mesurée dans cet essai est plus faible que celle des essais interlaboratoires (> 1µg/L en général). Cela met en évidence une très bonne cohérence des résultats pour cet essai, compte tenu de la diversité des pratiques mises en œuvre. En particulier, il n'y a pas eu de perte lors de l'échantillonnage, en lien avec la nature volatile de la molécule.

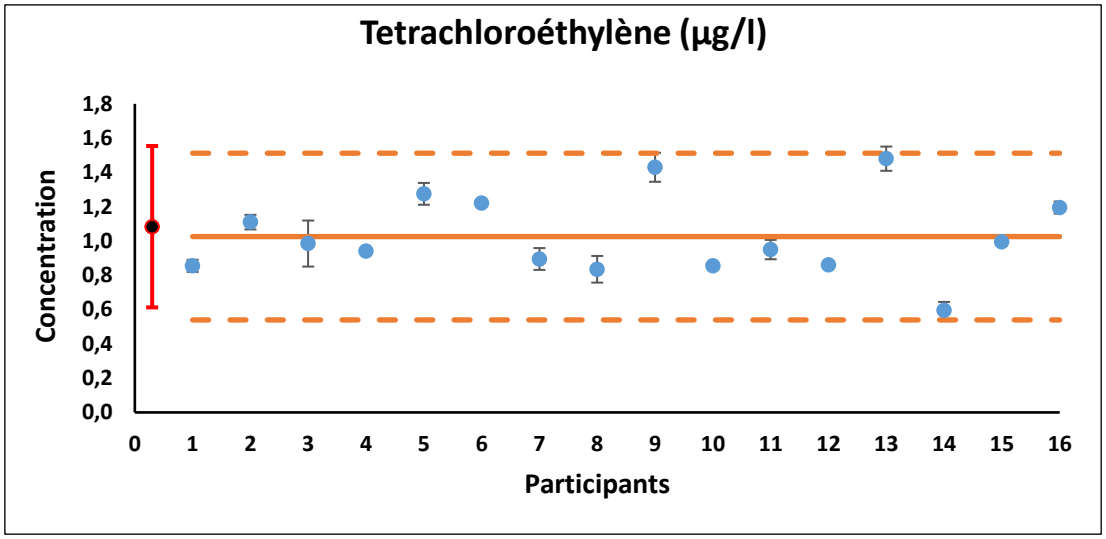


participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.25	0.24	0.25	-0.4
2	0.33	0.35	0.34	1.3
3	0.26	0.23	0.25	-0.4
4	0.24	0.25	0.25	-0.4
5	0.28	0.3	0.29	0.4
6	0.37	0.38	0.38	2.0
7	0.23	0.24	0.24	-0.6
8	0.22	0.22	0.22	-0.9
9	0.31	0.28	0.30	0.5
10	0.24	0.24	0.24	-0.5
11	0.26	0.24	0.25	-0.3
12	0.22	0.24	0.23	-0.7
13	0.3	0.29	0.30	0.5
14	0.16	0.19	0.18	-1.7
15	0.28	0.25	0.27	0.0
16	0.36	0.35	0.36	1.6
Moyenne robuste			0.27	
σ (%)			20.4	

Figure 27 : Résultats de l'essai pour le trichloroéthylène (LQ =0,1 µg/L)

b) Tétrachloroéthylène

Les résultats sont présentés dans la Figure 28. La dispersion (23,7 %) est du même ordre de grandeur que celle obtenue dans les essais interlaboratoires (19,3 % à 10 µg/L [14]). Cela met en évidence une bonne cohérence des résultats pour cet essai, compte tenu de la diversité des pratiques mises en œuvre. Pour ce paramètre il a été observé une légère tendance d'évolution au cours de l'essai. L'ensemble des résultats est présenté à la Figure 29, avec les résultats des participants et ceux du contrôle de site dans l'ordre chronologique. Il semble qu'il y ait une légère évolution ou 2 populations mais les résultats ont été maintenus du fait de la faible dispersion finale observée.



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.88	0.83	0.86	-0.7
2	1.08	1.14	1.11	0.3
3	1.08	0.89	0.99	-0.2
4	0.95	0.93	0.94	-0.4
5	1.23	1.32	1.28	1.0
6	1.23	1.21	1.22	0.8
7	0.85	0.94	0.90	-0.5
8	0.78	0.89	0.84	-0.8
9	1.49	1.37	1.43	1.7
10	0.85	0.86	0.86	-0.7
11	0.99	0.91	0.95	-0.3
12	0.85	0.87	0.86	-0.7
13	1.53	1.43	1.48	1.9
14	0.56	0.63	0.60	-1.8
15	1.01	0.98	1.00	-0.1
16	1.22	1.17	1.20	0.7
Moyenne robuste			1.03	
σ (%)			23.7	

Figure 28 : Résultats de l'essai pour le tétrachloroéthylène (LQ = 0 ,1 µg/L)

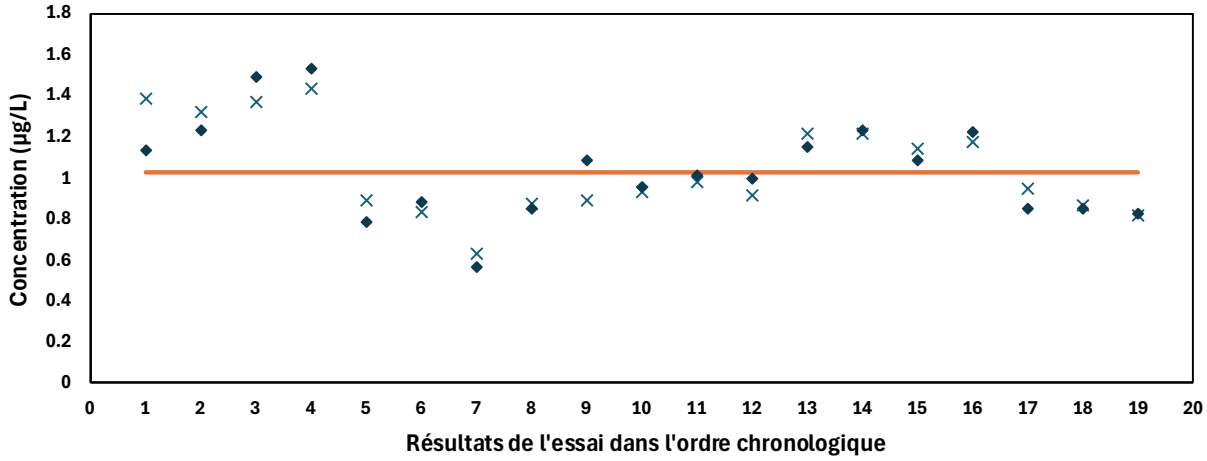
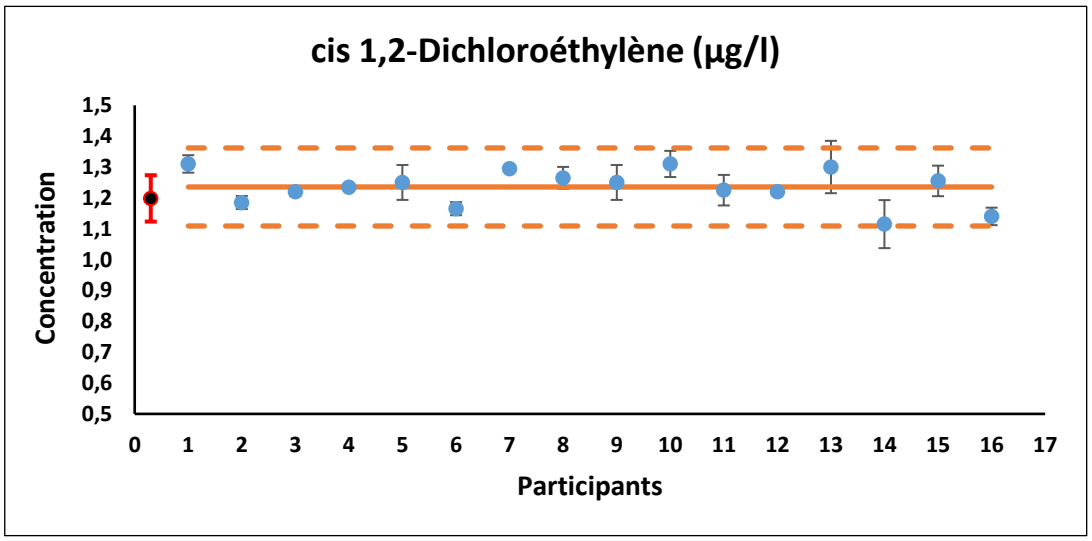


Figure 29 : Résultats de l'essai pour le tétrachloroéthylène dans l'ordre chronologique, incluant les résultats des participants et du contrôle de site de façon indifférenciée (dans chaque cas les 2 replicats sont matérialisés par un losange violet et une croix bleue).

6.4.4. Cis 1,2-dichloroéthylène

Les résultats pour ce paramètre sont présentés dans la Figure 30. L'écart-type robuste de l'essai est très faible pour ce paramètre volatil (5.1%), d'autant plus que la concentration reste faible (moins de 3 fois la LQ du laboratoire). En général, les écart-types obtenus lors des essais interlaboratoires classiques sont de 15 à 25 % pour les paramètres volatils [14]. Tous les participants ont leur Z-score dans les bornes d'acceptation. Cela met en évidence une bonne maitrise de l'échantillonnage de ce type de paramètres volatils par les participants.



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.33	1.29	1.31	1.2
2	1.2	1.17	1.19	-0.8
3	1.21	1.23	1.22	-0.2
4	1.24	1.23	1.24	0.0
5	1.21	1.29	1.25	0.2
6	1.18	1.15	1.17	-1.1
7	1.3	1.29	1.30	0.9
8	1.29	1.24	1.27	0.5
9	1.29	1.21	1.25	0.2
10	1.28	1.34	1.31	1.2
11	1.19	1.26	1.23	-0.2
12	1.22	1.22	1.22	-0.2
13	1.24	1.36	1.30	1.0
14	1.06	1.17	1.12	-1.9
15	1.29	1.22	1.26	0.3
16	1.12	1.16	1.14	-1.5
Moyenne robuste			1.24	
σ (%)			5.1	

Figure 30 : Résultats de l'essai pour cis 1,2-dichloroéthylène(LQ = 0,5 µg/L)

6.4.5. PFAS

De façon générale, les écart-types obtenus pour les 10 PFAS quantifiés sont très faibles, puisqu'ils sont tous inférieurs à 8%, voire à 3% pour 6 paramètres de cette famille. Cela met en évidence une très bonne cohérence des résultats malgré la diversité des pratiques et malgré les risques de contamination souvent évoqués.

Les résultats sont présentés par ordre croissant de concentration moyenne de l'essai dans les Figure 31 à Figure 40.

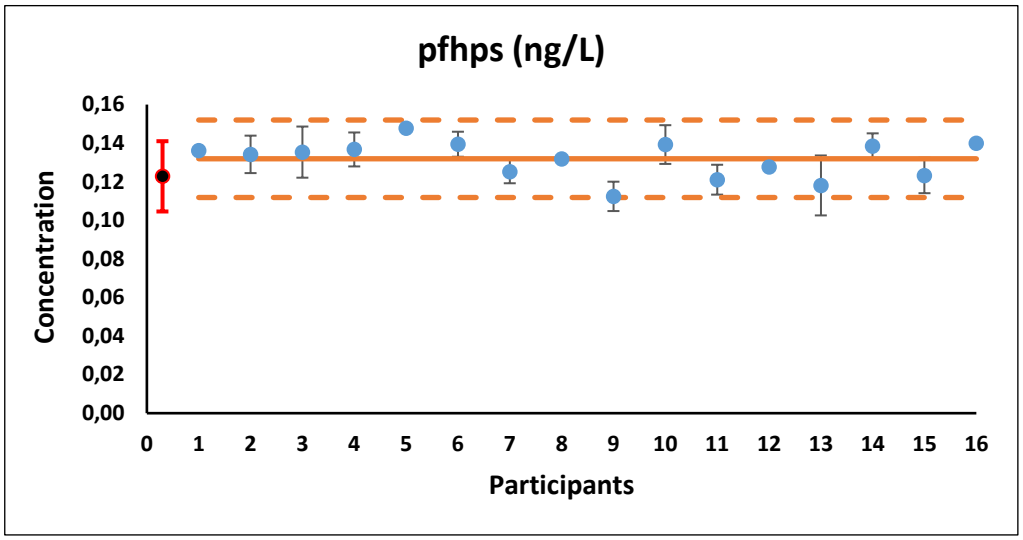
Concernant le PFOA (Figure 32), l'écart type robuste est très faible (6,9 %) et la moyenne robuste des participants est proche de la LQ, en conséquence, il est considéré que le Z-score du participant P8 n'est pas significatif.

Concernant le PFPrS (Figure 33), l'écart type robuste est très faible (1,6%). Le Z-score du participant P16 apparait en surveillance, mais en sous-estimation. Cet écart ne peut pas être attribué à un effet lié à l'échantillonnage ; une contamination aurait conduit à une augmentation de la concentration, ce composé n'étant pas volatil. Le Z-score de ce participant est considéré comme non significatif.

Concernant PFPeS (Figure 34), PFBA (Figure 35), PFOS (Figure 37), le PFHxS (Figure 38) et le TFMS (Figure 39), les écart-types sont très faibles et les z-scores des participants sont tous conformes, mettant en évidence une bonne maitrise de la profession pour l'échantillonnage de ces paramètres.

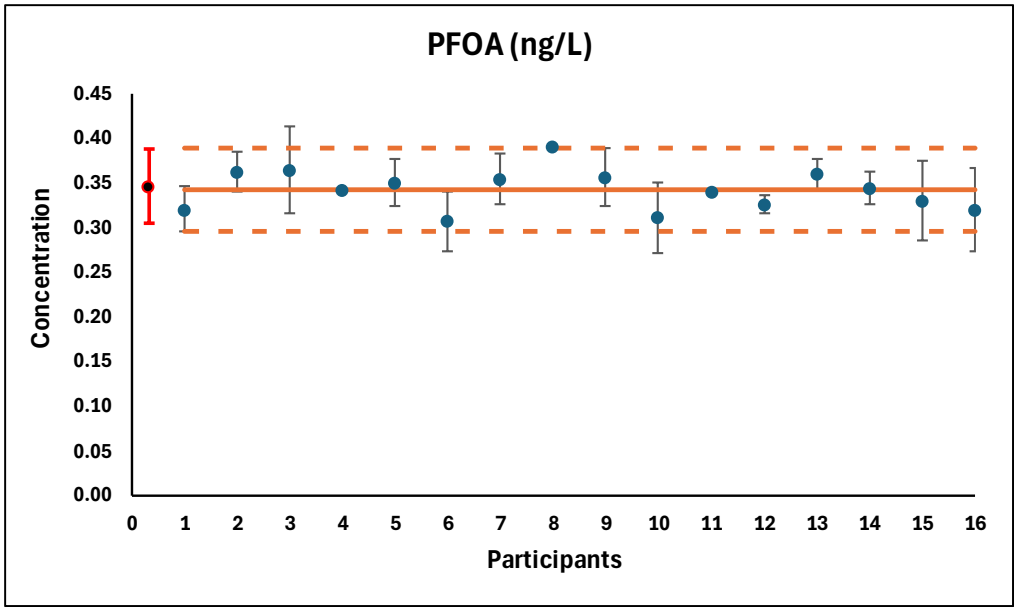
Pour le PFBS, 3 Z-scores apparaissent en surveillance (P7 et P16 en sous-estimation et P8 en surestimation). Compte tenu de l'écart-type robuste extrêmement faible (1,6%), ces écarts ne peuvent pas être considérés comme significatifs.

Pour le TFA, l'écart-type robuste est très faible, mais compte tenu de la concentration élevée (2455 ng/L), il est difficile de statuer sur la représentativité du z-score en surveillance pour le participant P7.



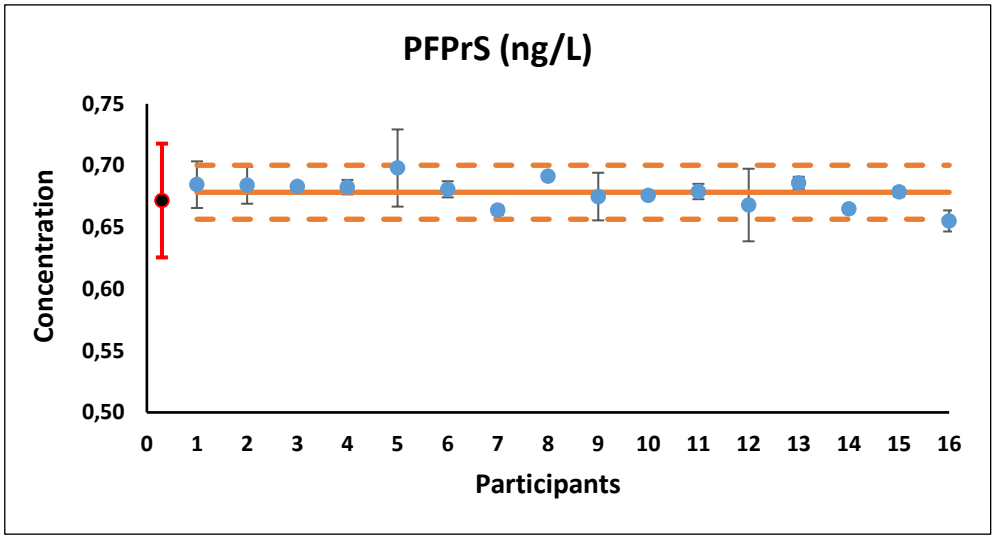
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.14	0.14	0.14	0.4
2	0.13	0.14	0.13	0.2
3	0.14	0.13	0.14	0.3
4	0.13	0.14	0.14	0.5
5	0.15	0.15	0.15	1.6
6	0.14	0.13	0.14	0.8
7	0.12	0.13	0.13	-0.7
8	0.13	0.13	0.13	0.0
9	0.11	0.12	0.11	-1.9
10	0.15	0.13	0.14	0.7
11	0.12	0.13	0.12	-1.1
12	0.13	0.13	0.13	-0.4
13	0.13	0.11	0.12	-1.4
14	0.14	0.13	0.14	0.6
15	0.12	0.13	0.12	-0.9
16	0.14	0.14	0.14	0.8
Moyenne robuste			0.13	
σ (%)			7.6	

Figure 31 : Résultats de l'essai pour le PFHpS (LQ = 0,1 ng/L)



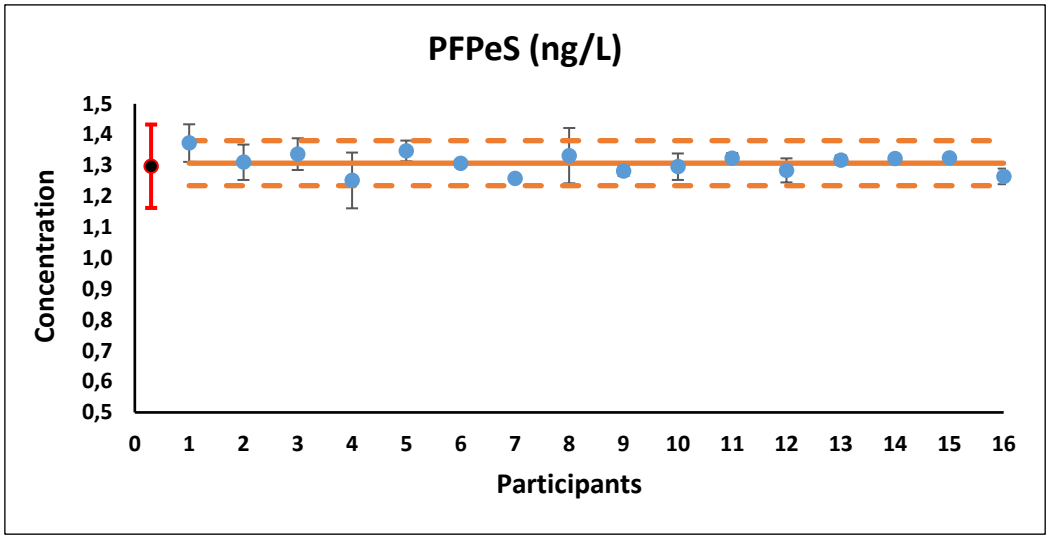
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.30	0.34	0.32	-0.9
2	0.38	0.35	0.36	0.9
3	0.40	0.33	0.37	1.0
4	0.34	0.34	0.34	0.0
5	0.37	0.33	0.35	0.4
6	0.33	0.28	0.31	-1.5
7	0.34	0.38	0.36	0.6
8	0.39	0.39	0.39	2.1
9	0.38	0.33	0.36	0.6
10	0.34	0.28	0.31	-1.3
11	0.34	0.34	0.34	-0.1
12	0.33	0.32	0.33	-0.7
13	0.37	0.35	0.36	0.8
14	0.36	0.33	0.34	0.1
15	0.30	0.36	0.33	-0.5
16	0.29	0.35	0.32	-0.9
Moyenne robuste			0.34	
σ (%)			6.9	

Figure 32 : Résultats de l'essai pour le PFOA (LQ = 0,2 ng/L)



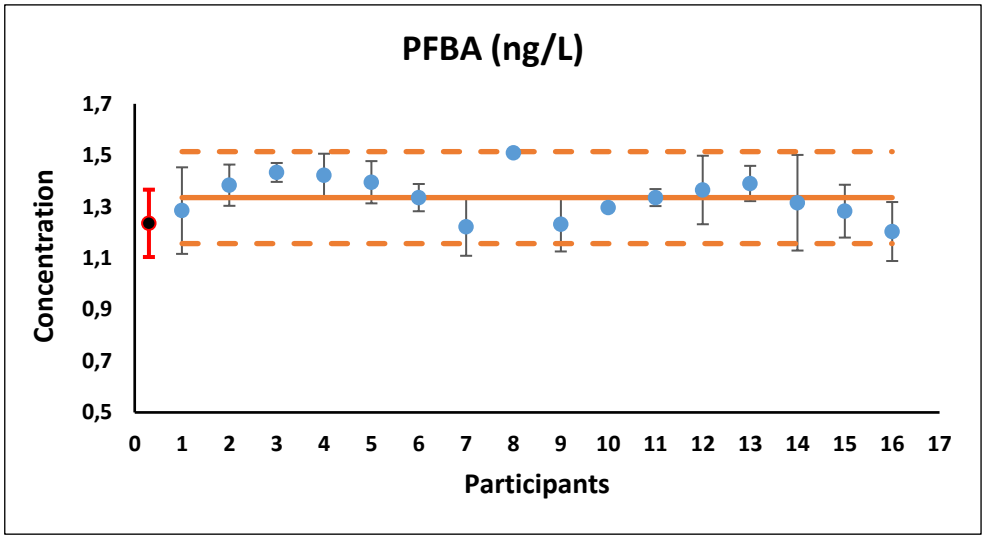
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.67	0.70	0.68	0.6
2	0.67	0.69	0.68	0.5
3	0.68	0.68	0.68	0.4
4	0.69	0.68	0.68	0.4
5	0.72	0.68	0.70	1.8
6	0.69	0.68	0.68	0.2
7	0.66	0.67	0.66	-1.3
8	0.69	0.69	0.69	1.2
9	0.69	0.66	0.67	-0.3
10	0.68	0.68	0.68	-0.2
11	0.67	0.68	0.68	0.1
12	0.69	0.65	0.67	-0.9
13	0.69	0.68	0.69	0.7
14	0.67	0.66	0.66	-1.2
15	0.68	0.68	0.68	0.0
16	0.65	0.66	0.66	-2.1
Moyenne robuste			0.68	
σ (%)			1.6	

Figure 33 : Résultats de l'essai pour le PFPrS (LQ = 0,1 ng/L)



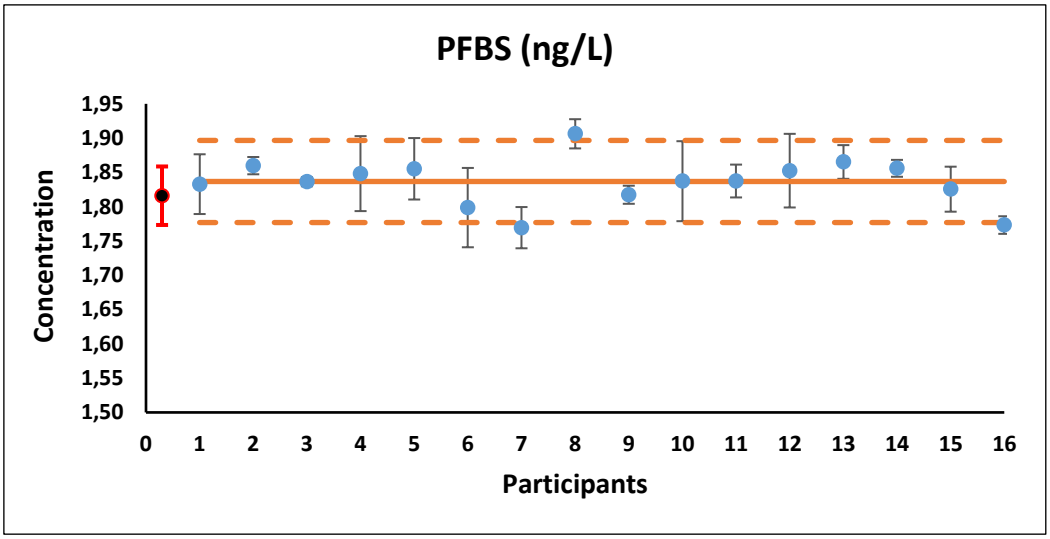
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.33	1.42	1.37	1.8
2	1.27	1.35	1.31	0.1
3	1.30	1.37	1.34	0.8
4	1.32	1.19	1.25	-1.5
5	1.37	1.32	1.35	1.1
6	1.30	1.31	1.31	0.0
7	1.26	1.26	1.26	-1.4
8	1.27	1.40	1.33	0.7
9	1.27	1.29	1.28	-0.7
10	1.27	1.33	1.30	-0.3
11	1.34	1.31	1.32	0.4
12	1.31	1.26	1.28	-0.6
13	1.31	1.33	1.32	0.3
14	1.33	1.31	1.32	0.4
15	1.32	1.32	1.32	0.5
16	1.25	1.28	1.26	-1.2
Moyenne robuste			1.31	
σ (%)			2.8	

Figure 34 : Résultats de l'essai pour le PFPeS (LQ = 0,1 ng/L)



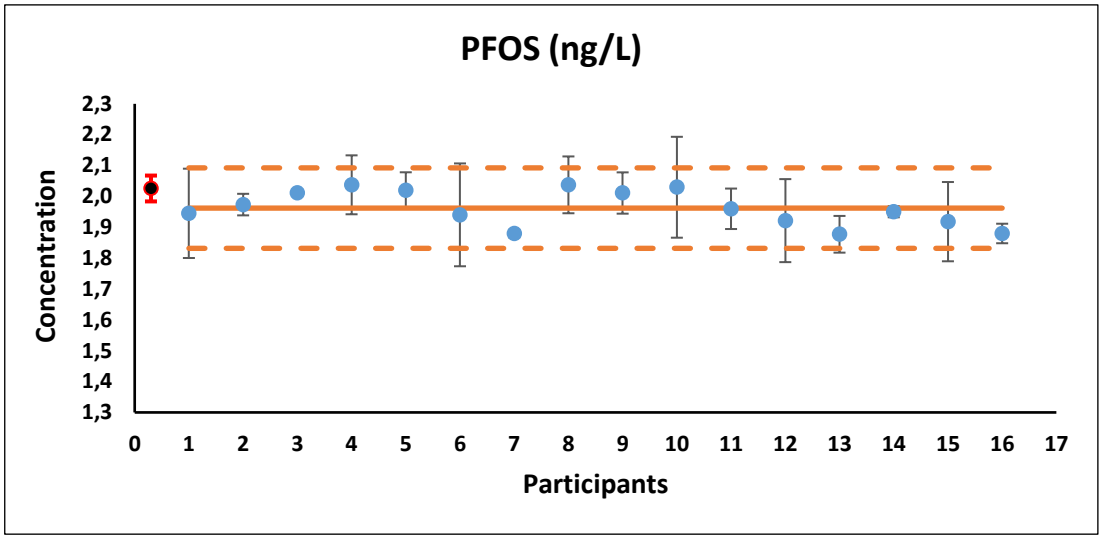
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.17	1.40	1.28	-0.6
2	1.33	1.44	1.38	0.5
3	1.41	1.46	1.43	1.1
4	1.36	1.48	1.42	1.0
5	1.34	1.45	1.40	0.7
6	1.37	1.30	1.34	0.0
7	1.14	1.30	1.22	-1.3
8	1.52	1.50	1.51	1.9
9	1.16	1.31	1.23	-1.2
10	1.30	1.29	1.30	-0.4
11	1.31	1.36	1.34	0.0
12	1.46	1.27	1.36	0.3
13	1.44	1.34	1.39	0.6
14	1.45	1.18	1.32	-0.2
15	1.21	1.36	1.28	-0.6
16	1.12	1.28	1.20	-1.5
Moyenne robuste			1.34	
σ (%)			6.7	

Figure 35 : Résultats de l'essai pour PFBA (LQ = 1 ng/L)



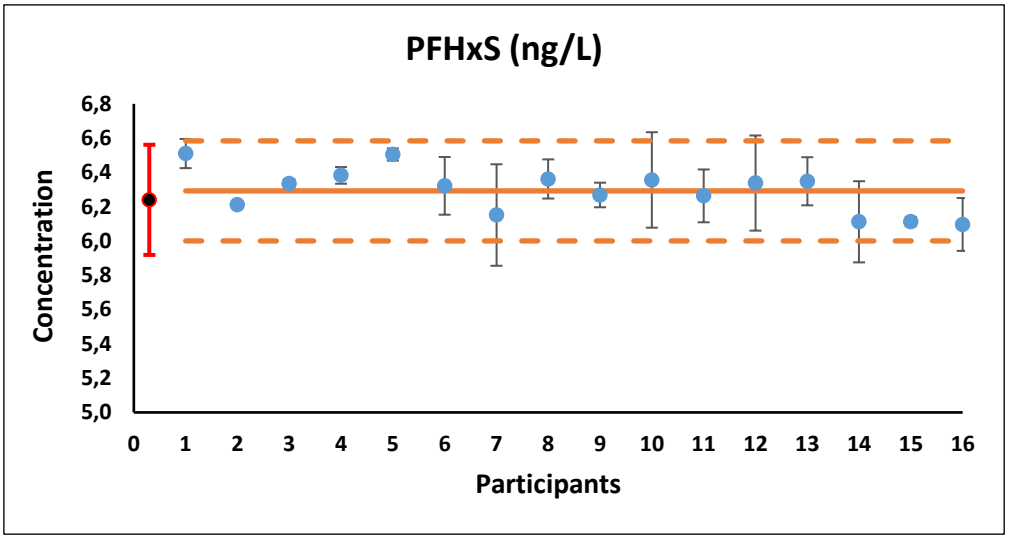
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.80	1.86	1.83	-0.1
2	1.85	1.87	1.86	0.8
3	1.83	1.84	1.84	0.0
4	1.89	1.81	1.85	0.4
5	1.89	1.82	1.86	0.6
6	1.84	1.76	1.80	-1.3
7	1.75	1.79	1.77	-2.2
8	1.89	1.92	1.91	2.3
9	1.83	1.81	1.82	-0.6
10	1.80	1.88	1.84	0.0
11	1.82	1.85	1.84	0.0
12	1.89	1.81	1.85	0.5
13	1.88	1.85	1.87	1.0
14	1.85	1.86	1.86	0.6
15	1.85	1.80	1.83	-0.4
16	1.76	1.78	1.77	-2.1
Moyenne robuste			1.84	
σ (%)			1.6	

Figure 36 : Résultats de l'essai pour le PFBS (LQ =0,5 ng/L)



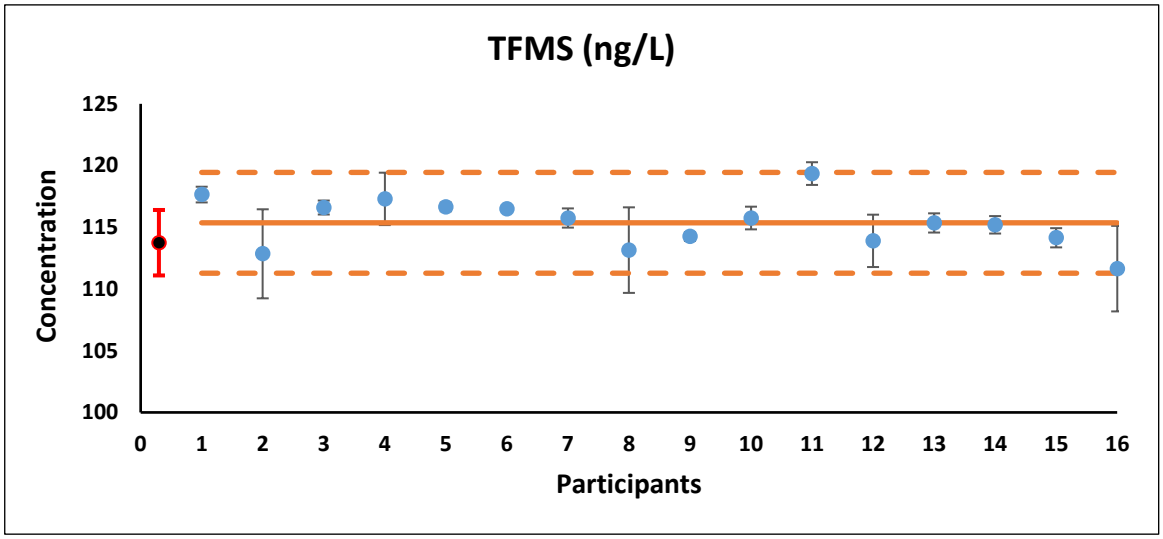
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.84	2.05	1.95	-0.3
2	1.95	2.00	1.97	0.2
3	2.01	2.01	2.01	0.8
4	1.97	2.11	2.04	1.2
5	1.98	2.06	2.02	0.9
6	2.06	1.82	1.94	-0.3
7	1.89	1.87	1.88	-1.3
8	1.97	2.10	2.04	1.2
9	2.06	1.96	2.01	0.8
10	2.15	1.91	2.03	1.0
11	1.91	2.01	1.96	0.0
12	2.02	1.83	1.92	-0.6
13	1.92	1.84	1.88	-1.3
14	1.96	1.94	1.95	-0.2
15	2.01	1.83	1.92	-0.7
16	1.86	1.90	1.88	-1.3
Moyenne robuste			1.96	
σ (%)			3.3	

Figure 37 : Résultats de l'essai pour le PFOS (LQ = 0,1 ng/L)



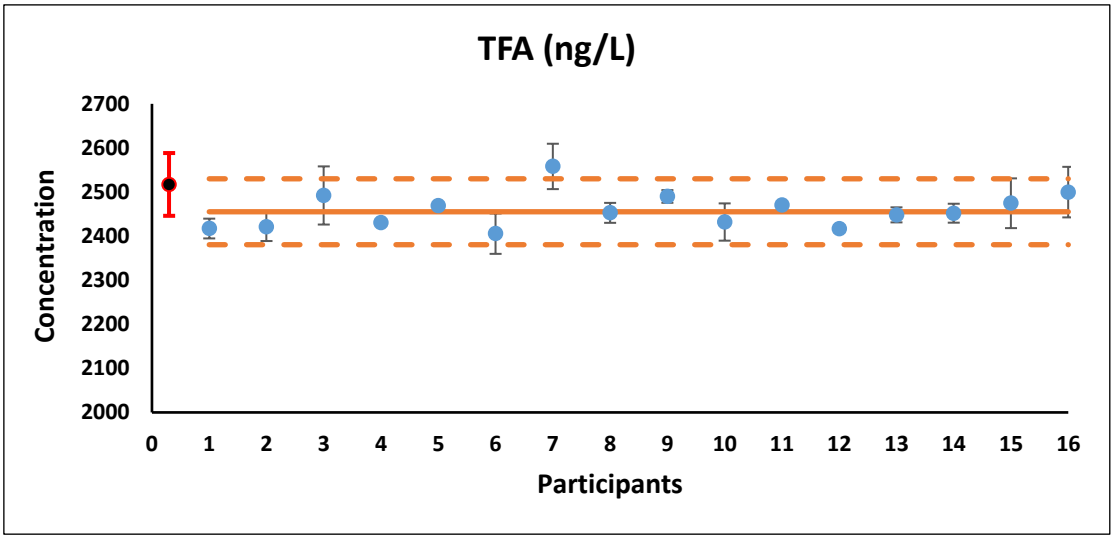
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	6.45	6.57	6.51	1.5
2	6.22	6.21	6.21	-0.6
3	6.35	6.32	6.34	0.3
4	6.35	6.42	6.38	0.6
5	6.53	6.48	6.50	1.5
6	6.44	6.20	6.32	0.2
7	5.94	6.36	6.15	-1.0
8	6.44	6.28	6.36	0.5
9	6.32	6.22	6.27	-0.2
10	6.55	6.16	6.36	0.4
11	6.15	6.37	6.26	-0.2
12	6.53	6.14	6.34	0.3
13	6.25	6.45	6.35	0.4
14	6.28	5.94	6.11	-1.2
15	6.13	6.09	6.11	-1.2
16	5.99	6.21	6.10	-1.3
Moyenne robuste			6.29	
σ (%)			2.3	

Figure 38 : Résultats de l'essai pour le PFHxS (LQ = 0,1 ng/L)



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	117	118	118	1.1
2	115	110	113	-1.2
3	116	117	117	0.6
4	119	116	117	1.0
5	116	117	117	0.6
6	117	116	117	0.6
7	116	115	116	0.2
8	116	111	113	-1.1
9	115	114	114	-0.5
10	116	115	116	0.2
11	119	120	119	2.0
12	112	115	114	-0.7
13	116	115	115	0.0
14	116	115	115	-0.1
15	114	115	114	-0.6
16	114	109	112	-1.8
Moyenne robuste			115	
σ (%)			1.8	

Figure 39 : Résultats de l'essai pour le TFMS (LQ = 1 ng/L)



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	2401	2433	2417	-1.0
2	2398	2444	2421	-0.9
3	2539	2446	2492	1.0
4	2425	2435	2430	-0.7
5	2472	2466	2469	0.4
6	2373	2438	2405	-1.3
7	2522	2594	2558	2.8
8	2437	2469	2453	-0.1
9	2480	2500	2490	0.9
10	2402	2462	2432	-0.6
11	2471	2470	2471	0.4
12	2422	2411	2417	-1.0
13	2460	2436	2448	-0.2
14	2467	2437	2452	-0.1
15	2435	2514	2475	0.5
16	2540	2459	2500	1.2
Moyenne robuste			2455	
σ (%)			1.5	

Figure 40 : Résultats de l'essai pour le TFA (LQ = 100 ng/L)

7. Résultats quantitatifs : micropolluants inorganiques

7.1. PARAMETRES JAMAIS RETROUVES

Deux éléments n'ont été quantifiés dans aucun échantillon. Il s'agit du béryllium et de l'argent. Pour ces 2 éléments, tous les résultats sont inférieurs à la LQ de 0,01 µg/L. Aucune contamination n'est identifiée en lien avec les pratiques d'échantillonnage.

7.2. PARAMETRES QUANTIFIES PONCTUELLEMENT

Les éléments pour lesquels seulement quelques échantillons ont eu des concentrations positives (l'essentiel des échantillons étant < LQ) sont présentés comme décrit en §6.2, dans le Tableau 11. Il s'agit de l'aluminium, du chrome et du plomb.

On ne peut pas affirmer que les quantifications de plomb soient liées à des contaminations lors des opérations d'échantillonnage car, dans le cas où des quantifications ont été observées, les réplicats ne sont pas cohérents entre réplicats ; un des réplicats du participant étant < LQ et l'autre quantifié. Pour le plomb, les concentrations mesurées sont faibles, très proches de la LQ.

Des contaminations sont suspectées pour :

- L'aluminium pour 3 participants (P7, P10, P12). Ces contaminations n'avaient pas été observées lors de l'essai précédent (Gaye en 2021) puisque tous les échantillons avaient des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire, identique à celle de cet essai (0.5 µg/L). Il s'agit de contaminations très faibles ; plus faibles que la LQ réglementaire (2 µg/L).
- Le chrome pour 2 participants (P8 et P11), à des valeurs autour de 0.2 à 0.3 µg/L. Il s'agit donc de contaminations très faibles ; plus faibles que la LQ réglementaire (1 µg/L). Lors du précédent essai, un participant avait présenté une contamination en chrome, sans que l'origine de cette contamination n'ait pu être identifiée.

paramètre	Al (Aluminium)	Cr (Chrome)	Pb (Plomb)
sandre	1370	1389	1382
LQ	0.5	0.1	0.05
unité	µg/L	µg/L	µg/L
suivi nb			
suivi (n=6)			
Part 1	2		
Part 2			
Part 3		1	1
Part 4			
Part 5			
Part 6			2
Part 7	1		
Part 8		2	
Part 9			1
Part 10	3		
Part 11	2	3	
Part 12	2		
Part 13	1		
Part 14			
Part 15			
Part 16			

Tableau 11 : Résultats de l'essai pour les éléments quantifiés ponctuellement

7.3. ELEMENTS SYSTEMATIQUEMENT QUANTIFIES

Les 11 éléments systématiquement quantifiés ont fait l'objet d'un traitement statistique décrit en § 3.2. Le Tableau 12 précise, pour chaque paramètre, la moyenne et l'écart-type robustes de l'essai et donne une comparaison avec des dispersions observées dans des essais interlaboratoires « classiques » de laboratoires [14]. Les résultats complets sont détaillés dans les paragraphes suivants.

De façon générale, les écarts-types robustes sont faibles et comparables aux dispersions (CVR en %) observées dans les EIL « Laboratoires » sauf pour le zinc pour lequel des contaminations sont suspectées.

	LQ réglementaire (µg/L)	Moyenne robuste essai	Ecart type robuste (%)	Concentration EIL de laboratoires (µg/L)	CVR %
Arsenic	0.25	1.8	2.1	4	12.0
Bore	20	49	1.7	1000	5.7
baryum	5	220	1.6	700	5.8
Cadmium	0.025	0.035	8.4	0.08	12.2
Cobalt	0.5	0.52	10.7		
Cuivre	0.5	1.2	16.5	1.4	18.0
Lithium	1	19.3	2.1		
Manganèse	1	80	9.7	50.0	6.3
Nickel	1	2.0	4.5	20.0	8.0
Strontium		1395	1.9		
Zinc	2	1.8	66.3	3.1	15.0

Tableau 12 : Paramètres statistiques des éléments métalliques systématiquement quantifiés lors de l'essai (en vert) et comparaison avec les données du rapport [14] portant sur les EIL de laboratoires (en blanc)

Concernant le **bore**, le Z-score du participant P14 apparait en surveillance (Figure 42). Compte tenu de la valeur très faible de l'écart type robuste pour cet élément (1,7%), cet écart ne peut pas être attribué aux opérations d'échantillonnage. Le même constat est à appliquer pour les Z-scores des participants P6 et P11 qui ont un Z-score en surveillance pour le **strontium** (Figure 50), avec des concentrations très légèrement inférieures à celles des autres participants ; l'écart type robuste étant très faible (1,9%).

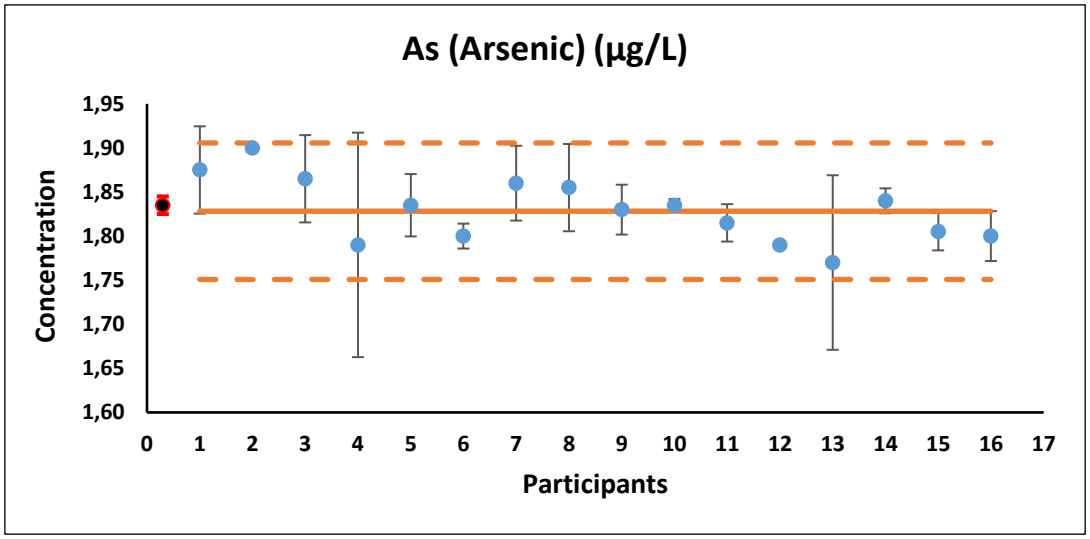
Concernant le **baryum** (Figure 43), le Z-score du participant P11 apparait en surveillance, et les Z-scores des participants P6 et P10 apparaissent en alerte. Ces signaux sont à prendre avec précaution d'une part en raison de la valeur très faible de l'écart type robuste (1,6 %). Cela est particulièrement vrai pour le participant P11. De plus, les participants P6 et P10 ont des concentrations légèrement plus faibles que les autres participants. Si ces écarts sont attribués à l'échantillonnage, cela signifierait qu'il y a eu une perte de composé lors de l'échantillonnage. L'origine de cette perte n'a pas été identifiée et elle apparait peu probable.

Les résultats pour le **cadmium** (Figure 44), le **cobalt** (Figure 45) et le **cuivre** (Figure 46), mettent en évidence une contamination par le participant P10 pour ces 3 éléments ; son Z-score étant en alerte pour ces 3 éléments.

Concernant le **nickel**, les Z-scores des participants P6 et P11 sont en alerte (Figure 49), mettant en évidence une contamination pour cet élément par ces 2 participants.

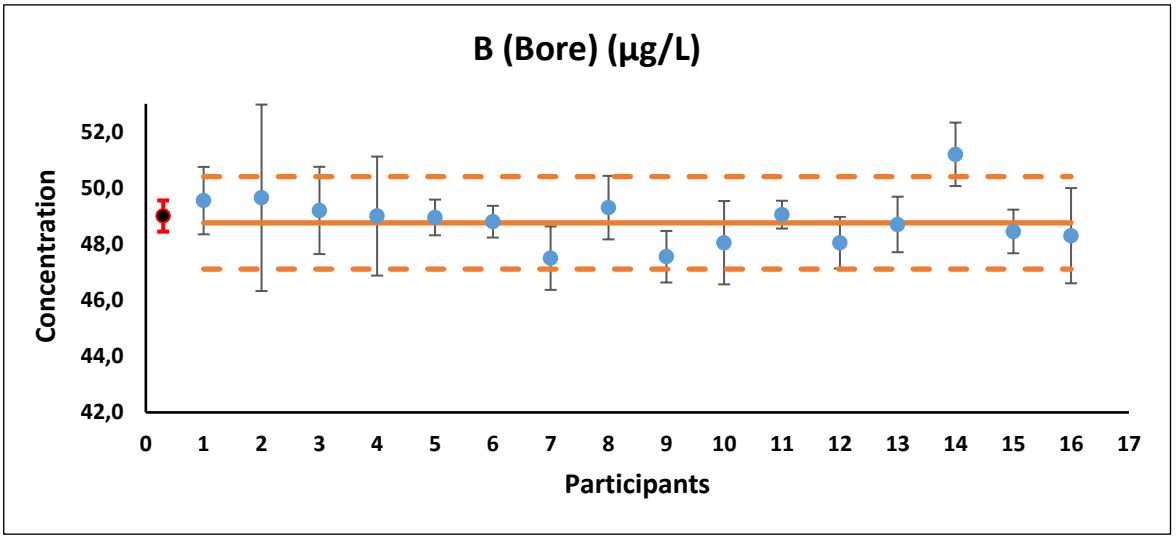
Pour le **zinc** (Figure 51), le participant P6 a un Z-score en alerte, mettant en évidence une contamination lors de l'échantillonnage pour cet élément. Le participant a confirmé une possible contamination au zinc en raison de l'utilisation de son matériel (pompe, tuyau, filtres, …) dans des eaux très riches en zinc, mais également, en raison de la réalisation de blancs à des niveaux de LQ plus élevés que ceux de cet essai. Ces constats permettent de rappeler que cet essai interlaboratoire est avant tout un essai collaboratif qui permet d'apporter des informations aux participants qu'ils peuvent exploiter au regard de leur contexte de travail. En particulier les limites de quantification sont des paramètres importants à considérer pour l'exploitation des résultats.

Pour **l'arsenic** (Figure 41), le **lithium** (Figure 47), le **manganèse** (Figure 48), les écart-types robustes sont faibles et les z-scores de tous les participants sont conformes.



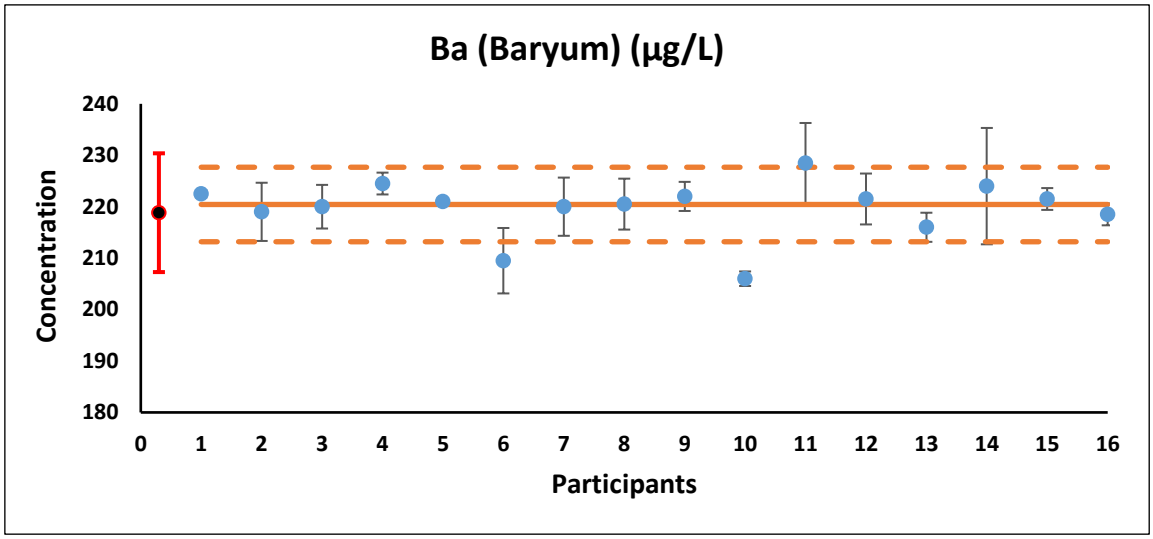
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.8	1.9	1.9	1.2
2	1.9	1.9	1.9	1.9
3	1.9	1.8	1.9	1.0
4	1.7	1.9	1.8	-1.0
5	1.8	1.9	1.8	0.2
6	1.8	1.8	1.8	-0.7
7	1.8	1.9	1.9	0.8
8	1.8	1.9	1.9	0.7
9	1.9	1.8	1.8	0.0
10	1.8	1.8	1.8	0.2
11	1.8	1.8	1.8	-0.3
12	1.8	1.8	1.8	-1.0
13	1.8	1.7	1.8	-1.5
14	1.9	1.8	1.8	0.3
15	1.8	1.8	1.8	-0.6
16	1.8	1.8	1.8	-0.7
Moyenne robuste			1.8	
σ (%)			2.1	

Figure 41 : Résultats de l'essai pour l'arsenic (LQ=0,05 µg/L)



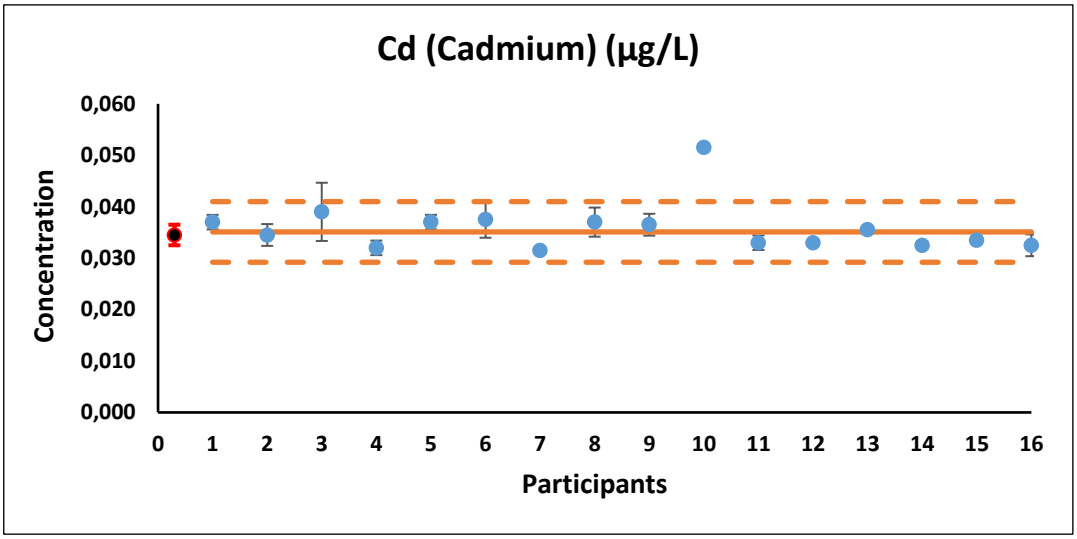
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	49	50	50	1.0
2	52	47	50	1.1
3	50	48	49	0.5
4	51	48	49	0.3
5	49	49	49	0.2
6	48	49	49	0.1
7	47	48	48	-1.5
8	49	50	49	0.7
9	48	47	48	-1.5
10	49	47	48	-0.9
11	49	49	49	0.4
12	47	49	48	-0.9
13	48	49	49	-0.1
14	50	52	51	3.0
15	48	49	48	-0.4
16	50	47	48	-0.6
Moyenne robuste			49	
σ (%)			1.7	

Figure 42 : Résultats de l'essai pour le bore (LQ =0,5 µg/L)



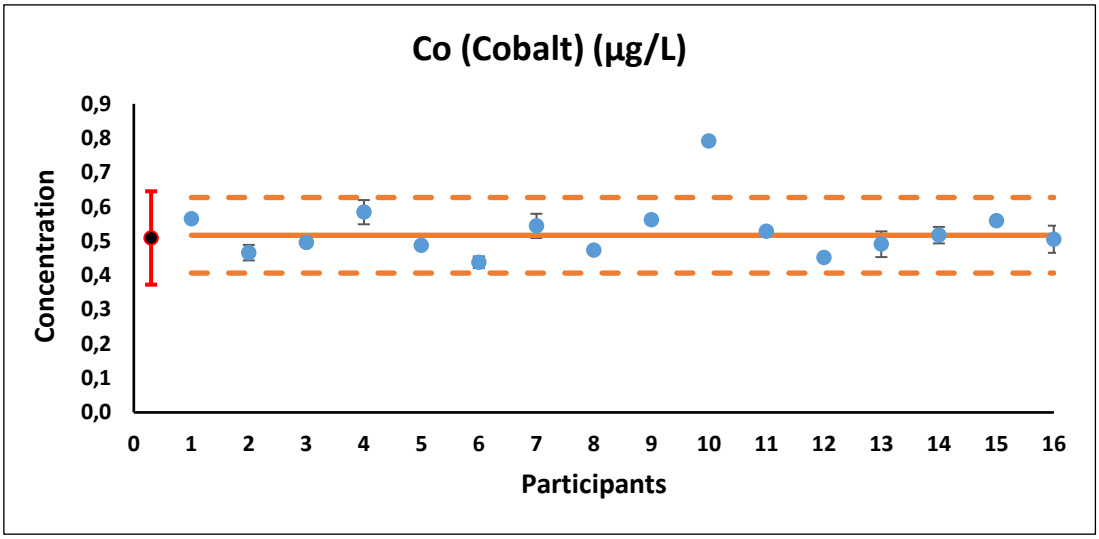
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	223	222	223	0.6
2	223	215	219	-0.4
3	223	217	220	-0.1
4	223	226	225	1.1
5	221	221	221	0.2
6	205	214	210	-3.0
7	216	224	220	-0.1
8	217	224	221	0.0
9	224	220	222	0.4
10	207	205	206	-4.0
11	234	223	229	2.2
12	225	218	222	0.3
13	214	218	216	-1.2
14	216	232	224	1.0
15	220	223	222	0.3
16	220	217	219	-0.5
Moyenne robuste			220	
σ (%)			1.6	

Figure 43 : Résultats de l'essai pour le baryum (LQ = 0,05 µg/L)



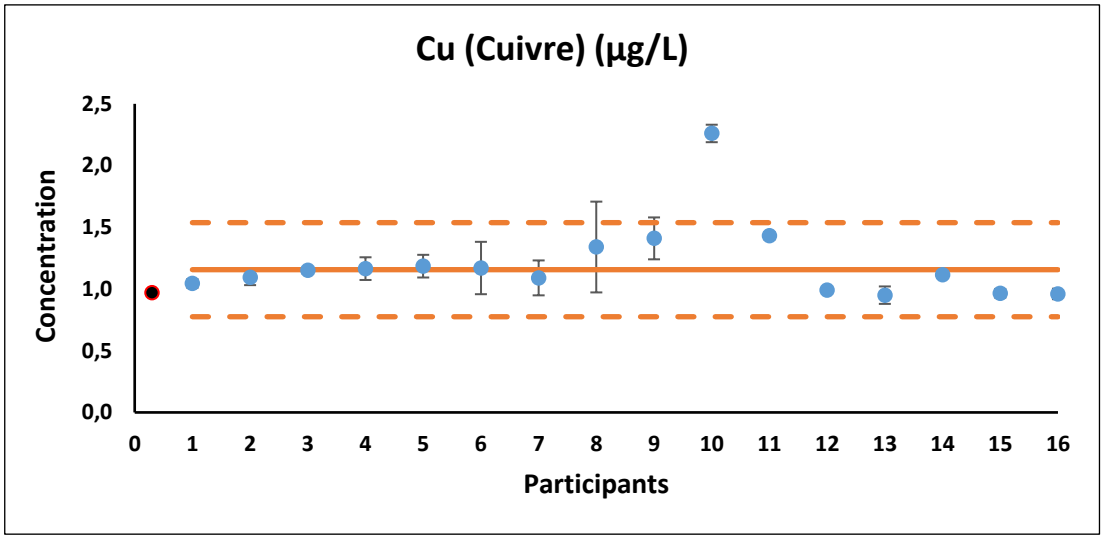
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.036	0.038	0.037	0.6
2	0.036	0.033	0.035	-0.2
3	0.043	0.035	0.039	1.3
4	0.031	0.033	0.032	-1.1
5	0.036	0.038	0.037	0.6
6	0.035	0.04	0.038	0.8
7	0.032	0.031	0.032	-1.2
8	0.035	0.039	0.037	0.6
9	0.035	0.038	0.037	0.5
10	0.052	0.051	0.052	5.6
11	0.034	0.032	0.033	-0.7
12	0.033	0.033	0.033	-0.7
13	0.036	0.035	0.036	0.1
14	0.032	0.033	0.033	-0.9
15	0.033	0.034	0.034	-0.5
16	0.031	0.034	0.033	-0.9
Moyenne robuste			0.035	
σ (%)			8.4	

Figure 44 : Résultats de l'essai pour le cadmium (LQ = 0,01 µg/L)



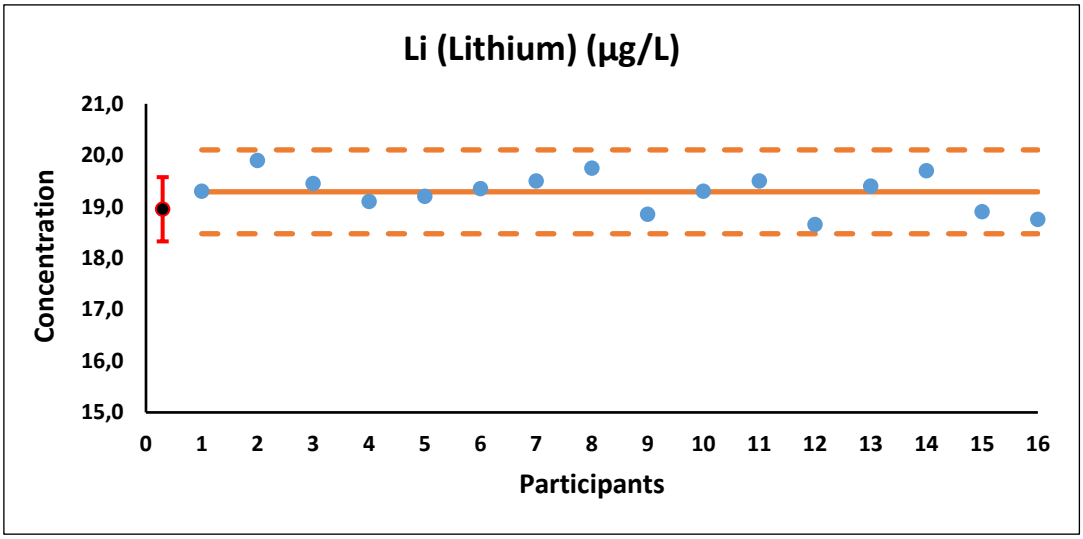
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	0.57	0.57	0.57	0.9
2	0.45	0.48	0.47	-0.9
3	0.50	0.49	0.50	-0.4
4	0.56	0.61	0.58	1.2
5	0.48	0.49	0.49	-0.5
6	0.43	0.45	0.44	-1.4
7	0.52	0.57	0.54	0.5
8	0.47	0.48	0.47	-0.8
9	0.55	0.57	0.56	0.8
10	0.80	0.79	0.79	5.0
11	0.53	0.53	0.53	0.2
12	0.45	0.45	0.45	-1.2
13	0.52	0.46	0.49	-0.5
14	0.53	0.50	0.52	0.0
15	0.56	0.56	0.56	0.8
16	0.53	0.48	0.51	-0.2
Moyenne robuste			0.52	
σ (%)			10.7	

Figure 45 : Résultats de l'essai pour le cobalt (LQ = 0,05 µg/L)



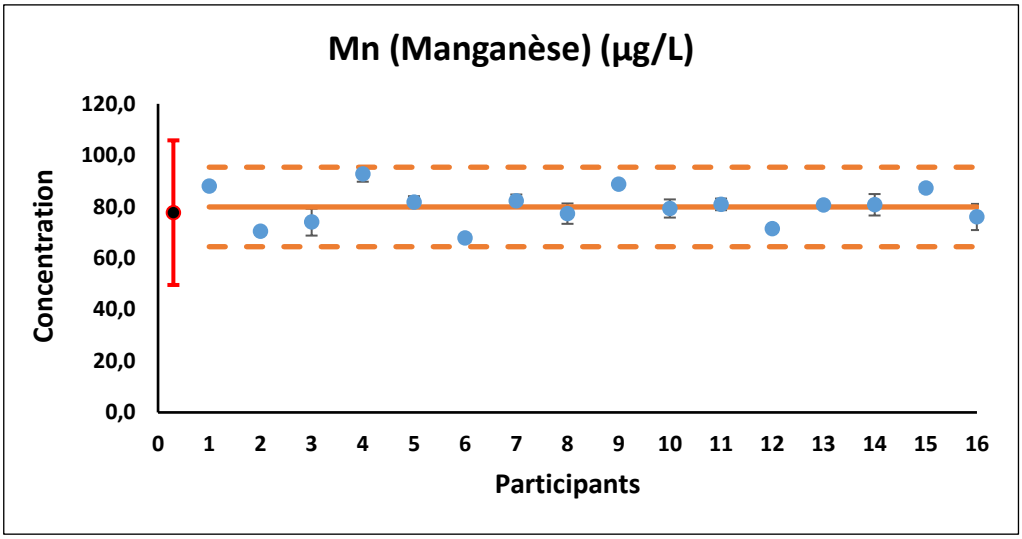
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.0	1.1	1.0	-0.6
2	1.1	1.1	1.1	-0.3
3	1.1	1.2	1.2	0.0
4	1.1	1.2	1.2	0.0
5	1.1	1.3	1.2	0.2
6	1.0	1.3	1.2	0.1
7	1.2	1.0	1.1	-0.3
8	1.6	1.1	1.3	1.0
9	1.3	1.5	1.4	1.3
10	2.2	2.3	2.3	5.8
11	1.5	1.4	1.4	1.4
12	1.0	1.0	1.0	-0.9
13	1.0	0.9	1.0	-1.1
14	1.1	1.1	1.1	-0.2
15	0.9	1.0	1.0	-1.0
16	1.0	0.9	1.0	-1.0
Moyenne robuste			1.2	
σ (%)			16.5	

Figure 46 : Résultats de l'essai pour le cuivre (LQ = 0,1 µg/L)



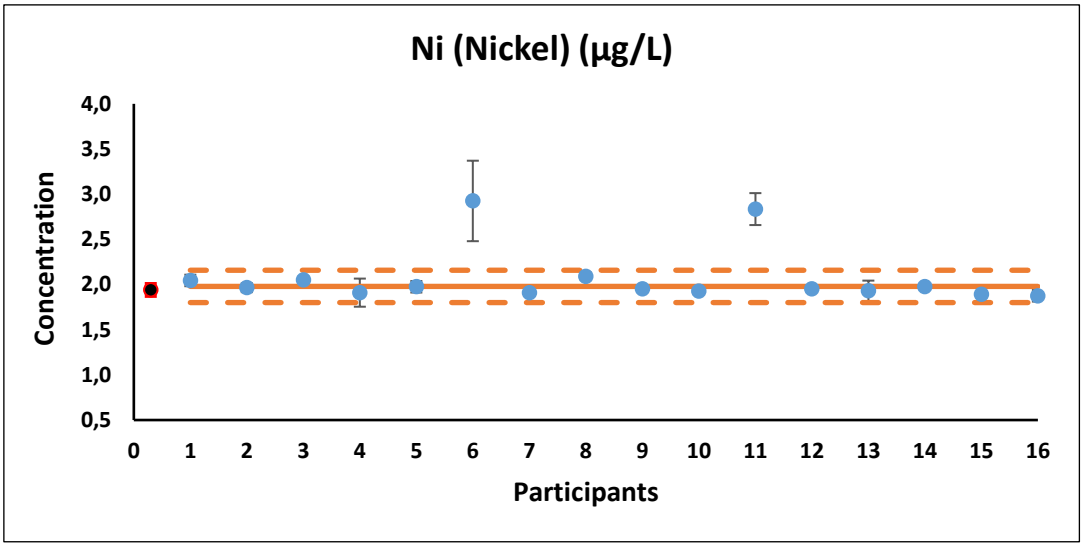
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	19.4	19.2	19.3	0.0
2	20.2	19.6	19.9	1.5
3	19.9	19	19.5	0.4
4	19.8	18.4	19.1	-0.5
5	19.1	19.3	19.2	-0.2
6	19.2	19.5	19.4	0.1
7	19.2	19.8	19.5	0.5
8	19.1	20.4	19.8	1.1
9	19.2	18.5	18.9	-1.1
10	19.7	18.9	19.3	0.0
11	19.8	19.2	19.5	0.5
12	18.1	19.2	18.7	-1.6
13	18.8	20	19.4	0.3
14	20.1	19.3	19.7	1.0
15	18.4	19.4	18.9	-1.0
16	18.7	18.8	18.8	-1.3
Moyenne robuste			19.3	
σ (%)			2.1	

Figure 47 : Résultats de l'essai pour le lithium (LQ = 0,1 µg/L)



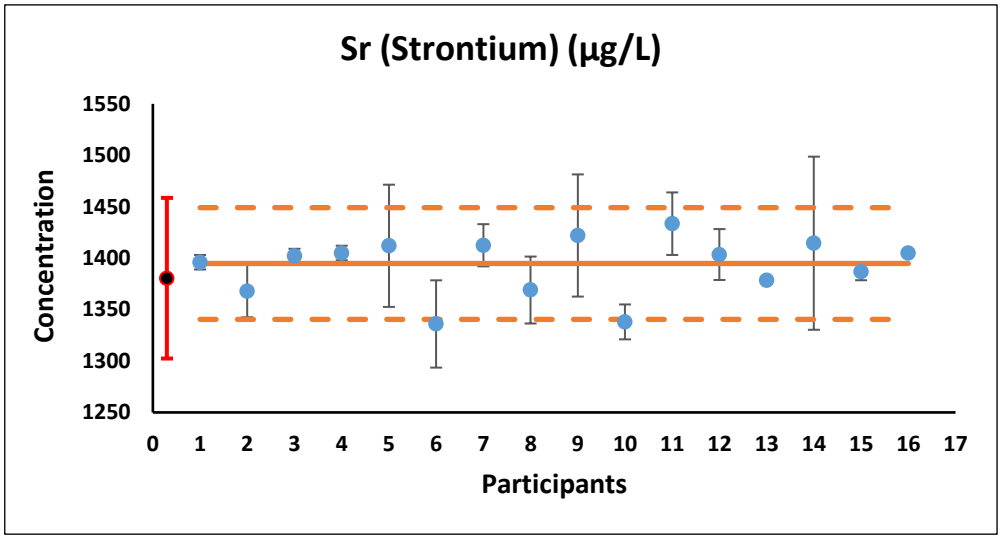
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	88	88	88	1.0
2	71	70	70	-1.2
3	78	70	74	-0.8
4	91	95	93	1.7
5	80	83	82	0.2
6	67	69	68	-1.6
7	80	84	82	0.3
8	80	75	77	-0.3
9	88	89	89	1.1
10	82	77	79	-0.1
11	83	79	81	0.1
12	72	71	71	-1.1
13	81	80	81	0.1
14	84	78	81	0.1
15	88	86	87	0.9
16	80	72	76	-0.5
Moyenne robuste			80	
σ (%)			9.7	

Figure 48 : Résultats de l'essai pour le manganèse (LQ = 0,1 µg/L)



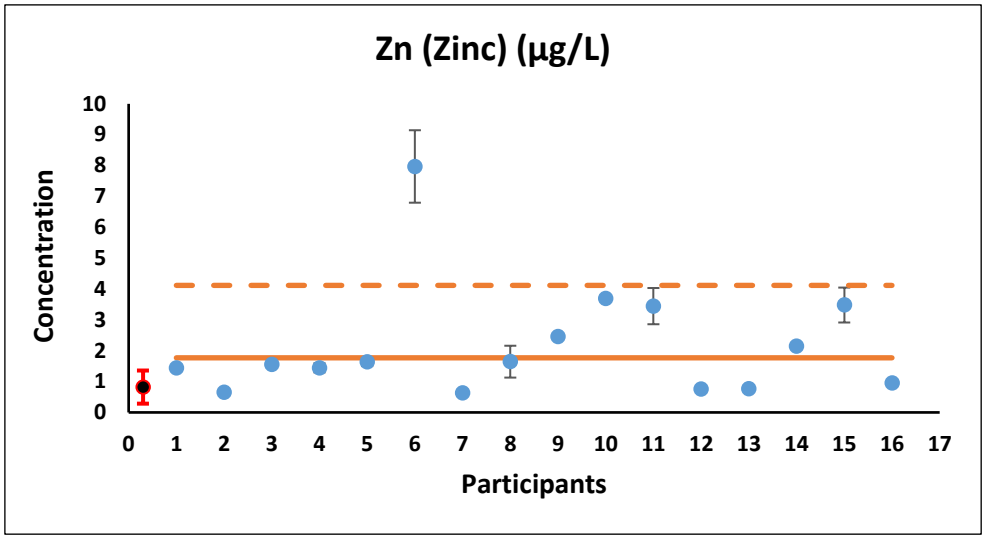
participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	2.0	2.1	2.0	0.7
2	1.9	2.0	2.0	-0.2
3	2.1	2.1	2.1	0.8
4	1.8	2.0	1.9	-0.8
5	1.9	2.0	2.0	0.0
6	2.6	3.2	2.9	10.6
7	1.9	1.9	1.9	-0.8
8	2.1	2.1	2.1	1.2
9	1.9	2.0	2.0	-0.3
10	1.9	1.9	1.9	-0.6
11	2.7	3.0	2.8	9.6
12	1.9	2.0	2.0	-0.3
13	2.0	1.9	1.9	-0.5
14	2.0	2.0	2.0	0.0
15	1.9	1.9	1.9	-1.0
16	1.9	1.8	1.9	-1.2
Moyenne robuste			2.0	
σ (%)			4.5	

Figure 49 : Résultats de l'essai pour le nickel (LQ = 0,1 µg/L)



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1401	1391	1396	0.0
2	1386	1350	1368	-1.0
3	1407	1397	1402	0.3
4	1400	1410	1405	0.4
5	1454	1370	1412	0.6
6	1306	1366	1336	-2.2
7	1398	1427	1413	0.7
8	1346	1392	1369	-0.9
9	1464	1380	1422	1.0
10	1350	1326	1338	-2.1
11	1455	1412	1434	1.4
12	1421	1386	1404	0.3
13	1379	1378	1379	-0.6
14	1355	1474	1415	0.7
15	1393	1381	1387	-0.3
16	1405	1405	1405	0.4
Moyenne robuste			1395	
σ (%)			1.9	

Figure 50 : Résultats de l'essai pour le strontium (LQ = 0,1 µg/L)



participant	R1	R2	Moyenne	Z-score
1	1.5	1.4	1.4	-0.3
2	0.6	0.7	0.7	-1.0
3	1.5	1.6	1.6	-0.2
4	1.3	1.6	1.4	-0.3
5	1.5	1.7	1.6	-0.1
6	7.1	8.8	8.0	5.3
7	0.7	0.6	0.6	-1.0
8	2.0	1.3	1.6	-0.1
9	2.5	2.5	2.5	0.6
10	3.6	3.8	3.7	1.6
11	3.9	3.0	3.4	1.4
12	0.8	0.8	0.8	-0.9
13	0.8	0.7	0.8	-0.9
14	2.1	2.2	2.2	0.3
15	3.9	3.1	3.5	1.5
16	1.0	0.9	1.0	-0.7
Moyenne robuste			1.8	
σ (%)			66.3	

Figure 51 : Résultats de l'essai pour le zinc (LQ = 0,5 µg/L)

8. Synthèse par participant

Le Tableau 13 présente la synthèse des résultats par participant, c'est-à-dire les z-scores et les contaminations soupçonnées. Les Z-scores qui ont été considérés comme non représentatifs, ne sont pas repris dans ce tableau, dont le but est d'identifier les écarts liés aux pratiques d'échantillonnage.

	Ecart z-score	**Contamination possible**
Part 1	pH	
Part 2		
Part 3	Turbidité ? (qualitativement, voir § 5.6)	2 Methyl naphtalène Xylène Toluène
Part 4		Toluène
Part 5		
Part 6	Ni Zn	Ni Zn
Part 7	(TFA)	DPB 4 NP Xylène TFA ? Al
Part 8		Xylène Toluène Cr
Part 9		FOSA
Part 10	Cd Co Cu	Cd Co Cu Al
Part 11	Turbidité ? (qualitativement, voir § 5.6) Ni	Ni Cr
Part 12		Al
Part 13	Redox corrigé	
Part 14		Xylène PFHpA
Part 15		
Part 16		2-Methyl naphtalène Xylène

Tableau 13 : Synthèse des résultats de l'essai par participant

9. Conclusion et perspectives

Cet essai d'intercomparaison réalisé par Aquaref sur l'échantillonnage en eau souterraine s'inscrit dans la continuité du travail mené par Aquaref pour harmoniser les pratiques d'échantillonnage en eau souterraine et continuer à acquérir des données sur les risques de contamination lors des opérations d'échantillonnage.

La participation d'un plus grand nombre de participants permet l'améliorer la statistique de cet essai par rapport aux précédents. Seize (16) participants ont mis en œuvre leur matériel sur une station située en Haute Loire, faisant partie du réseau de surveillance de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. Cent quatre-vingt-treize (193) paramètres ont été évalués dans cet essai, s'agissant de mesures sur site, paramètres ayant été quantifiés sur le site (principalement pesticides et produits de dégradation, composés volatils, métaux), mais également des paramètres n'ayant jamais été quantifiés sur le site mais pour lesquels des risques de contamination existent (phtalates, produits de soin corporels, PFAS, alkylphénols, …)

L'essai s'est déroulé dans de bonnes conditions et les résultats de l'essai ont été exploités sur un plan qualitatif, en ce qui concerne les pratiques d'échantillonnage, et sur un plan quantitatif pour les paramètres quantifiés.

La stabilité des paramètres au niveau de cet ouvrage a été évaluée via 3 échantillonnages par le BRGM au cours de la semaine de l'essai (début, milieu et fin de l'essai).

En ce qui concerne les pratiques mises en œuvre, une grande diversité de matériels (pompes et tuyaux) ont été utilisés. Il n'est pas évident de lier ces matériels aux quelques contaminations observées. Certaines purges semblent faibles en comparaison à ce qui est requis dans la norme internationale FD T90-523-3. Certains participants ont expliqué cela par le fait qu'ils avaient mis en œuvre les recommandations de la norme française X31-615 applicable uniquement en contexte SSP car ils œuvrent en général dans ce contexte. Quelques profondeurs d'échantillonnage sont faibles en comparaison aux recommandations normatives.

Cet essai démontre un impact lié à l'échantillonnage qui est globalement faible, avec des dispersions en général identiques ou inférieures à celles observées dans les essais interlaboratoires pour les analyses en laboratoire, sauf pour la turbidité qui présente de réelles difficultés sur le terrain, notamment du fait des phénomènes de condensation sur les cuves. Ces difficultés pour la mesure de la turbidité confirment les observations faites lors du précédent essai (Gaye, 2021). En ce qui concerne le potentiel rédox, les dispersions observées, autour de 15 à 20 %, semblent acceptables pour ce type de paramètre (mais restent élevées en comparaison aux autres paramètres mesurés sur le terrain).

Cet essai a permis de mettre en évidence quelques contaminations par les participants, qui sont invités à examiner plus en détail leur impact sur les prélèvements qu'ils réalisent en routine. Les principales molécules à risque de contamination restent les BTEX, comme cela avait été identifié lors de l'essai de Gaye. Le xylène et le toluène ont été quantifiés par 6 laboratoires (1 ou plusieurs molécules) et durant le contrôle de site. Les autres molécules pour lesquelles des contaminations plus faibles ont été identifiées avaient également déjà été identifiées lors de précédents essais. Il s'agit du 2-méthylnaphtalène, 4 Nonylphénol, de 6 métaux (Zn, Cd, Co, Cu, Al, Cr), DBP (Dibutyl phtalate) et 2 PFAS (FOSA et PFHpA). Ces paramètres sont à intégrer en priorité dans les contrôles qualité réalisés lors des échantillonnages.

En revanche, il est très important de souligner que 136 paramètres organiques n'ont été quantifiés dans aucun échantillon, notamment des molécules pour lesquelles des risques de contamination existent (caféine, parabènes, diclofénac, kétoprofène, galaxolide, cotinine, la plupart des phtalates (exception DBP), la plupart des alkylphénols (exception 4-nonylphénol), bisphénols A et S, **la plupart des PFAS malgré la grande diversité de matériels (y compris PTFE)**, tensioactifs (laureth sulfate)). Pour ces substances, les pratiques et les matériels mis en œuvre lors de cet essai étaient donc de qualité suffisante pour ne pas contaminer les échantillons à des niveaux de performance analytique conformes aux exigences réglementaires. Il est important de relever que, malgré des recommandations qui peuvent parfois être très alarmistes en ce qui concerne les risques de contamination lors de l'échantillonnage pour les PFAS, cet essai est plutôt rassurant car 64 PFAS ont été analysés et seulement 2 participants ont contaminé leurs échantillons, à des niveaux de concentration très faibles (inférieurs à 0,5 ng/L).

Deux paramètres n'ont pas pu être exploités en raison de résultats présentant une évolution au cours de l'essai qui n'est pas en lien avec les pratiques d'échantillonnage (monobutylétain et PFHpA).

Les résultats de cet essai confirment le besoin de réaliser des contrôles qualité externes ou internes concernant l'échantillonnage. Ils permettent également de cibler les paramètres les plus à risque de contamination. Concernant la mesure des paramètres physico-chimiques, la turbidité apparait comme le paramètre le plus délicat.

10. Bibliographie

[1] J. P. Blanquet, N. Chatellier, M. P. Strub, et B. Lepot, « Impact des opérations de prélèvements sur la variabilité des résultats d'analyses -essai national sur site du 26 juin 2007- rapport n°DRC-07-86076-16167b », 2007.

[2] J. P. Ghestem, P. Fisicaro, et R. Champion, « Essai collaboratif sur l'échantillonnage en eau souterraine - BRGM/RP-57687-FR, 175p ».

[3] J. P. Ghestem, F. Gal, et P. Moreau, « Essai d'intercomparaison sur l'échantillonnage en eau souterraine Site de Gaye », BRGM/RP-71384-FR, janv. 2022.

[4] B. Lepot, C. Ferret, et J. P. Blanquet, « Essai collaboratif d'intercomparaison sur le prélèvement en rejet canalisé pour la mesure des micropolluants - Impact des opérations de prélèvements sur la variabilité des résultats d'anlayses - Rapport AQUAREF -200p », 2012.

[5] F. Botta *et al.*, « Impact des opérations de prélèvements sur la variabilité des résultats d'analyses - Essai intercomparaison sur le prélèvement en plan d'eau 2010 -Rapport AQUAREF 2010- 122p », 2010.

[6] B. Lepot, C. Ferret, J. Renoux, et N. Guigues, « Essai collaboratif « échantillonnage d'eau en plan d'eau et mesures des paramètres in situ – Lac de Saint Etienne de Cantales - Rapport AQUAREF 2024 », Aquaref, 2024.

[7] E. Lionard *et al.*, « Essai collaboratif sur l'échantillonnage des sédiments de rivière -Rapport AQUAREF 2015 -142p », 2015.

[8] *FD T90-524 - Contrôle qualité - Contrôle qualité pour l'échantillonnage et la conservation des eaux*, 2015.

[9] JORF, « Arrêté du 26 avril 2022 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement ». Journal Officiel de la République Francaise, 26 avril 2022.

[10] JORF, « Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques ». 19 octobre 2019.

[11] *NF ISO 13528 - Méthodes statistiques utilisées dans les essais d'aptitude par comparaison interlaboratoires*, 2022.

[12] *FD T90-523-3 -Qualité de l'eau - Guide d'échantillonnage pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement - Partie 3 : Echantillonnage d'eau souterraine*, 2022.

[13] *NF X31-615 -Qualité des sols - Méthodes de détection, de caractérisation et de surveillance des pollution en nappe dans le cadre des sites pollués ou potentiellement pollués - Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans les forages de survaillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines.*

[14] P. Moreau *et al.*, « Surveillance réglementaire des eaux environnementales et sanitaires : évaluation de la dispersion analytique à partir des données d'essais interlaboratoires – Rapport AQUAREF 2019 – BRGM/RP-68705-FR », 2019.

[15] B. Lepot, N. Guigues, et B. Constantin, « Bilan des essais d'intercomparaison « Mesures in situ et Echantillonnage d'eau en cours d'eau et eaux de baignades » sur la période 2018 – 2022 », 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://www.aquaref.fr/sites/default/files/Aquaref_2023_C3a_Essais_aptitude_Mesures_Echantillonnage_CoursEau_EauxBaignade_VF.pdf

[16] P. Moreau, J. P. Ghestem, B. Lepot, et A. Yari, « Risques de contamination des échantillons lors des opérations d'échantillonnage : synthèse opérationnelle (eau et sédiment) », Rapport Aquaref 2016, 2016.

Annexe 1 Passage caméra dans le piézomètre

Un passage caméra a été réalisé le 16/01/25 de 11h30 à 11h50. Un aperçu est donné en figure A1-1 (surface à 3,8 m de profondeur), figure A1-2 (intervalle 4 à 7 m de profondeur) et figure A1-3 (intervalle 7,5 à 11,3 m de profondeur). Les principales informations sont :

- Le tubage comprend une section de 3 m, au sommet, de type tube plein, et 3 sections de 3 m de tube crépine.
- Le fond de l'ouvrage est mesuré à 11,3 m, avec des dépôts de particules noirâtres, qui proviennent des dépôts présents dans le tubage (le passage de la caméra en met en suspension). Ces dépôts sont peu consolidés. Comme il est vraisemblable que la dernière section de tube crépine fasse 3 m, cela pourrait suggérer qu'environ 70 cm de dépôts se sont accumulés depuis le percement du forage.
- L'eau est très claire, présente très peu de particules, hormis quelques-unes à compter de 5,5 - 6 m de profondeur (particules non mobilisées par le passage de la caméra). Elles ne semblent pas animées d'un déplacement (pas de flux d'eau visible dans l'ouvrage).
- Les télescopages de tubage (raccords à vis) sont en très bon état, le tube plein et le tube crépine sont également en très bon état. On note juste, vers 0,6 m de profondeur (donc hors d'eau), un très léger pincement du tube plein.
- La crépine est généralement recouverte de dépôts noirâtres. Deux exceptions sont à signaler :
    - De manière ponctuelle, entre 4 et 4,3 m de profondeur, la crépine n'est pas recouverte.
    - Entre 4,8 et 5,4 m de profondeur, la crépine ne présente aucun dépôt. Deux explications pourraient être avancées : soit cet intervalle pourrait correspondre à la zone principale de production de l'ouvrage, soit cet intervalle correspond à celui où les pompages réglementaires sont régulièrement pratiqués, ce qui peut avoir pour effet « d'entretenir » la crépine.

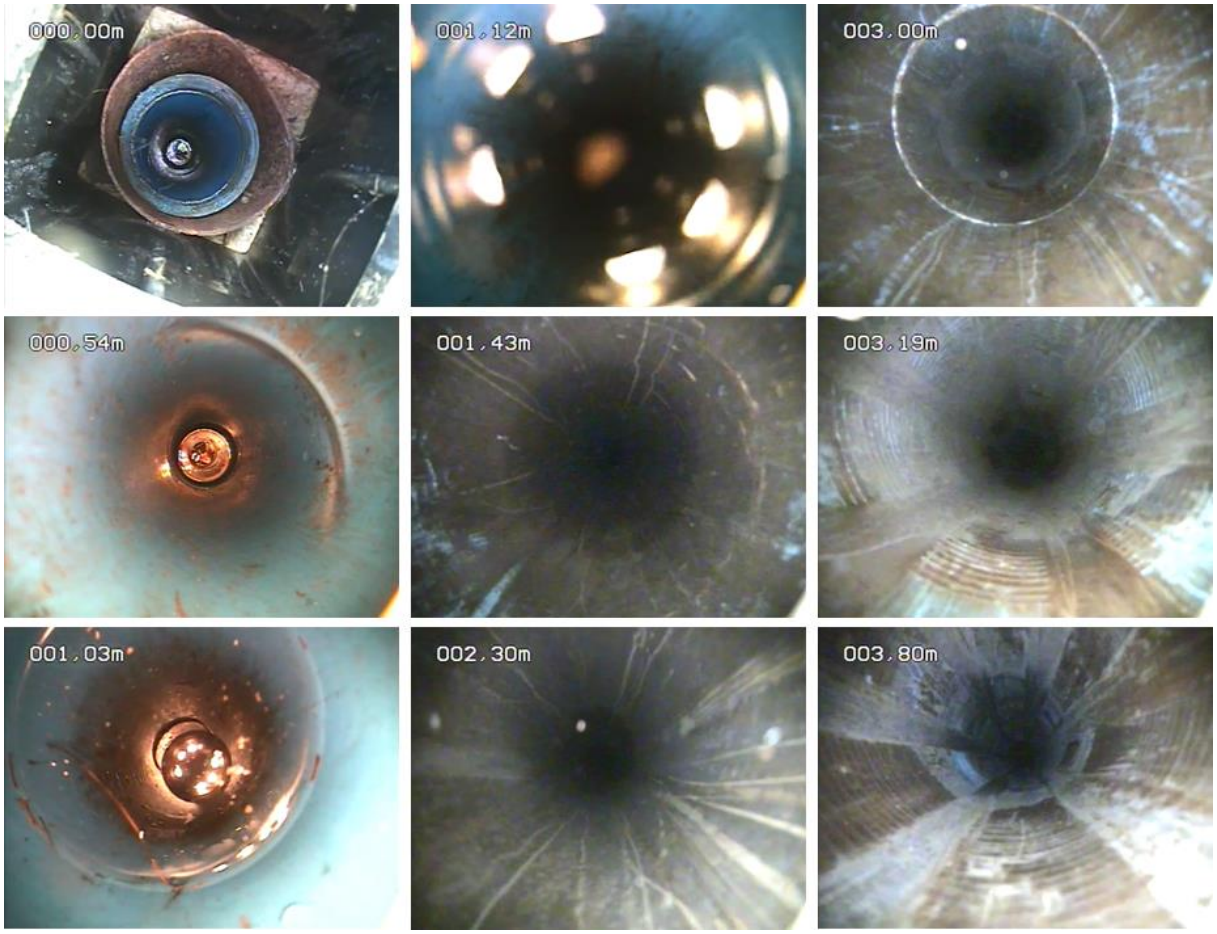


Figure A1-1 : passage caméra, piézomètre de Crispal ; intervalle surface – 3,8 m de profondeur.

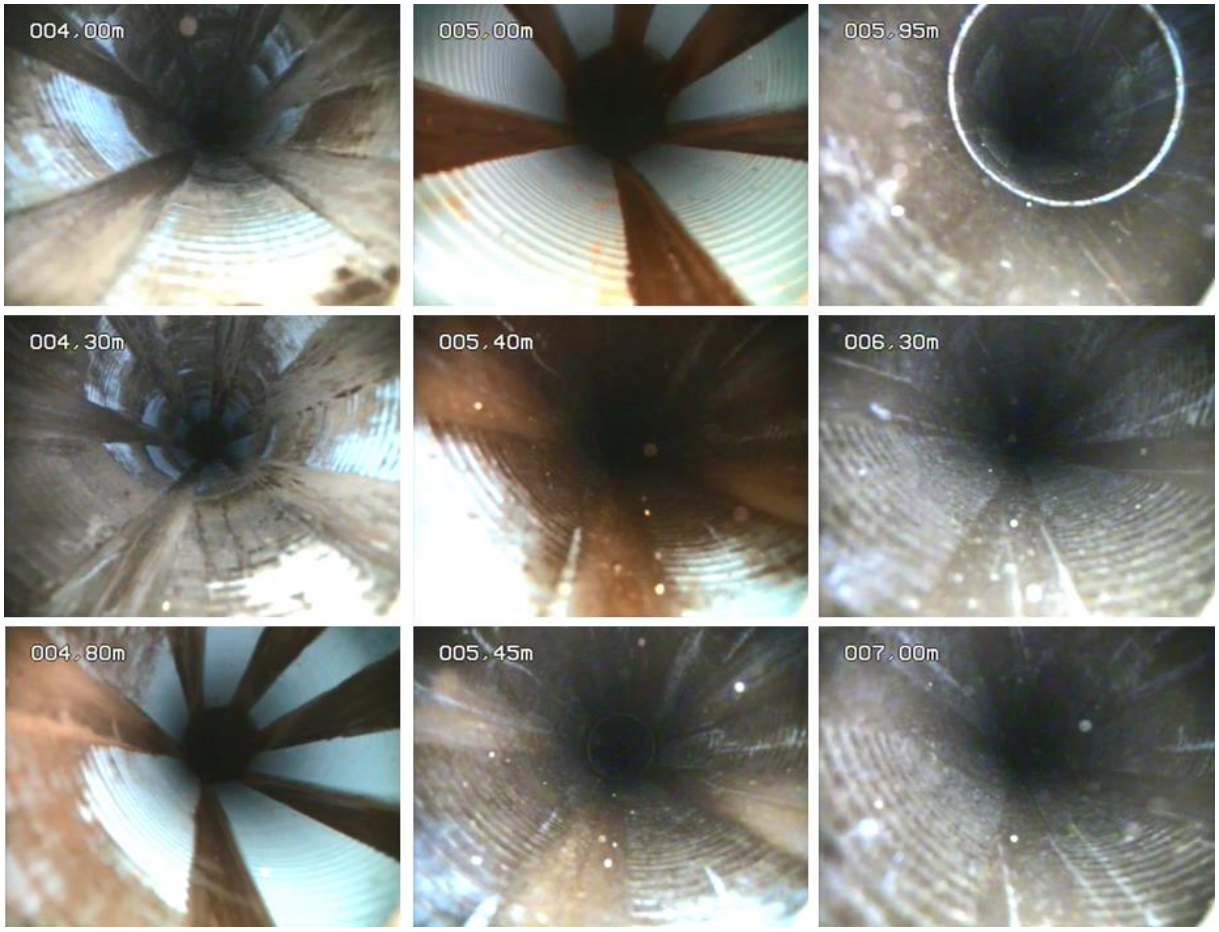


Figure A1-2 : passage caméra, piézomètre de Crispal ; intervalle 4 m – 7 m de profondeur.

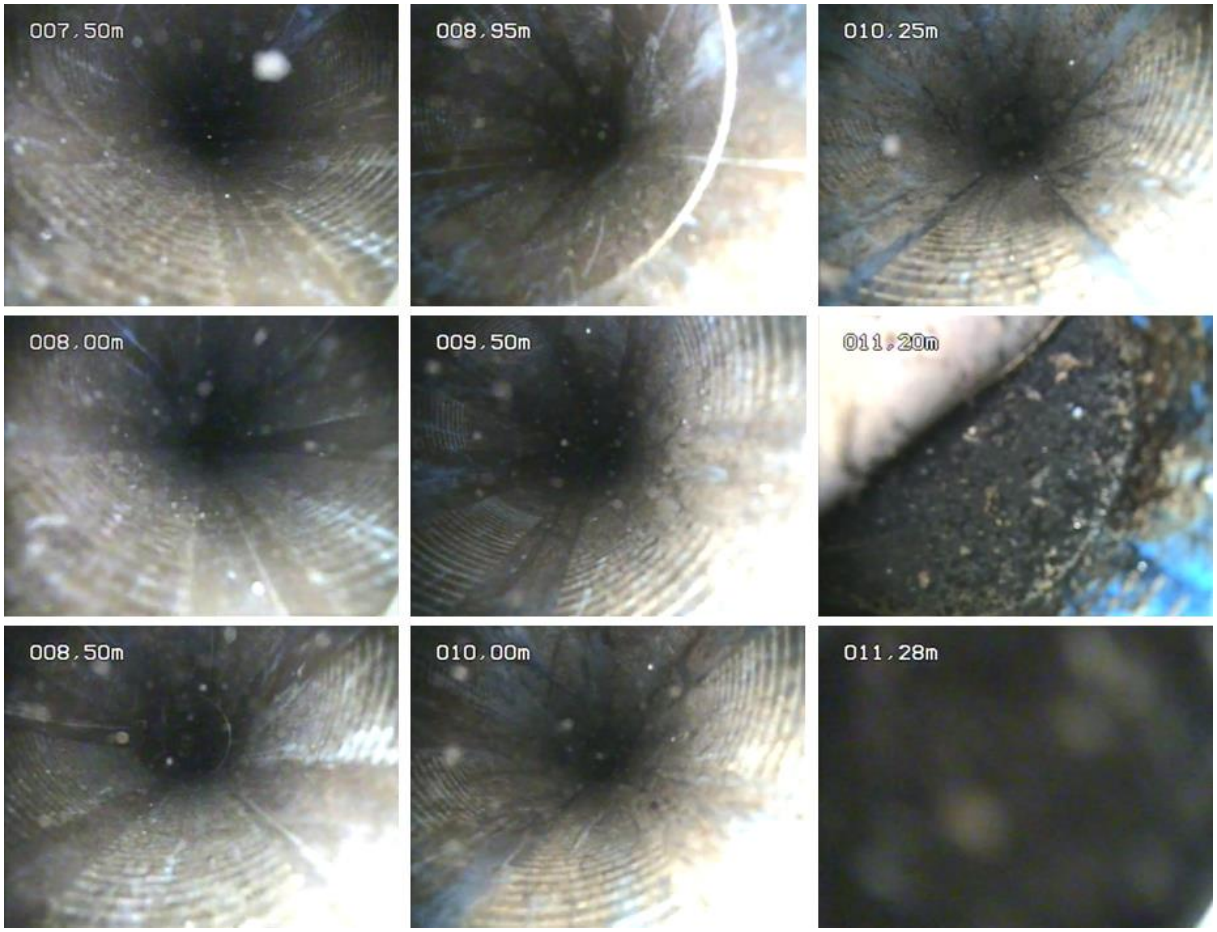


Figure A1-3 : passage caméra, piézomètre de Crispal ; intervalle 7,5 m – 11,3 m de profondeur

Annexe 2 Liste des paramètres analysés lors de l'essai

Le tableau ci-dessous présente les paramètres analysés lors de l'essai, la famille chimique SANDRE, le code SANDRE du paramètre ainsi que les LQ laboratoires et celles reprises de l'avis agrément.

SANDRE	Paramètre	Famille Chimique SANDRE	LQ (µg/L)	LQ avis agrément (µg/L)
6381	Diméthachlore-ESA	Acétamides et métabolites	0.005	
6865	Diméthénamide ESA	Acétamides et métabolites	0.005	
7735	Diméthénamide OXA	Acétamides et métabolites	0.005	
6895	Métazachlore ESA	Acétamides et métabolites	0.01	
7727	Diméthachlore CGA 369873	Acétamides et métabolites	0.01	
6649	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol (surfynol 104) - n° Cas : 126-86-3	Alcools et polyols	0.1	
1958	4-Nonylphenol	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	0.1
1959	4-tert-Octylphenol	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	0.03
2766	Bisphénol A	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	0.05
6366	4-nonylphenol monoethoxylate (NP1OE)	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	
6369	4-nonylphénol diéthoxylate (NP2OE)	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	
6370	4-tert-Octylphénol Monoéthoxylate (OP1OE)	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	
6371	4-tert-Octylphénol Diéthoxylate (O92OE)	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	
7594	Bisphénol S	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02	0.02
2610	4 tert butylphenol	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.04	
8323	1-laureth sulfate - n° cas 15826-16-1	autres éléments minéraux	0.01	
8324	2-laureth sulfate - n° Cas 3088-31-1	autres éléments minéraux	5	
1584	Biphényl	Benzène et dérivés	0.01	0.05
1292	o-Xylène	Benzène et dérivés	0.03	0.3
2613	2-Nitrotoluène	Benzène et dérivés	0.05	
2614	Nitrobenzène	Benzène et dérivés	0.05	0.1
1278	Toluène	Benzène et dérivés	0.1	0.5
5299	N-Butylbenzenesulfonamide	Benzène et dérivés	0.1	0.1
1114	Benzène	Benzène et dérivés	0.2	1

1497	Ethylbenzène	Benzène et dérivés	0.2	
1578	2,4-Dinitrotoluène	Benzène et dérivés	0.2	1
1577	2,6-Dinitrotoluène	Benzène et dérivés	0.5	0.5
1633	Isopropylbenzène	Benzène et dérivés	1	
1487	1,3-dichloropropène	COHV, solvants chlorés, fréons	0	
1271	1,1,2,2- Tétrachloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.02	0.05
1498	1,2-Dibromoéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.02	0.1
1652	Hexachloro-1,3-butadiène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.02	0.03
1530	Bromométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.03	0.05
1834	cis-1,3-Dichloropropène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.05	
1835	1,3-dichloropropène (Trans)	COHV, solvants chlorés, fréons	0.05	
1160	1,1-Dichloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	
1161	1,2-Dichloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	2
1272	Tetrachloroéthylène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	0.5
1276	Tétrachlorure de carbone	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	0.5
1284	1,1,1-Trichloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	0.05
1286	Trichloroéthylène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	0.5
1753	Chlorure de vinyle	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	0.25
2065	3-Chloropropène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1	
1158	Dibromochlorométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.2	0.5
1285	1,1,2-Trichloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.25	0.25
1122	Bromoforme (tribromométhane)	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5	0.5
1135	Chloroforme (trichlorométhane)	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5	0.8
1162	Dichloroéthène-1,1	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5	
1167	Bromodichlorométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5	0.5
1456	cis 1,2-Dichloroéthylène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5	0.5

1727	Trans-1,2-dichloroéthylène	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5	
1656	Hexachloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	1	
2611	Chloroprène	COHV, solvants chlorés, fréons	1	
1168	Dichlorométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	4.5	5
6520	Cotinine	Divers (autres organiques)	0.005	0.02
5349	Diclofenac	Divers (autres organiques)	0.01	0.01
5350	ibuprofène	Divers (autres organiques)	0.01	
5353	Kétoprofène	Divers (autres organiques)	0.01	0.01
6519	Caféine	Divers (autres organiques)	0.01	0.05
6644	Ethylparaben	Divers (autres organiques)	0.01	0.01
6693	Propylparaben	Divers (autres organiques)	0.01	0.01
6695	Methylparaben	Divers (autres organiques)	0.01	0.01
6854	Metolachlor ESA	Divers (autres organiques)	0.01	
7011	1-Hydroxy Ibuprofen	Divers (autres organiques)	0.01	
7012	2-Hydroxy Ibuprofen	Divers (autres organiques)	0.01	
6618	Galaxolide	Divers (autres organiques)	0.02	0.03
6735	Acide acétylsalycilique	Divers (autres organiques)	0.02	
6800	Alachlor ESA	Divers (autres organiques)	0.02	
1580	Dioxane-1,4	Divers (autres organiques)	0.5	
1118	Benzo(ghi)Pérylène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.0006	0.001
1204	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.0006	0.001
1082	Benzo(a)anthracène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.001	0.005
1115	Benzo(a)pyrène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.001	0.01
1476	Chrysène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.0018	0.01
1524	Phénanthrène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.002	0.01
1537	Pyrène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.002	0.01
1116	Benzo(b)fluoranthène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005	0.005

1117	Benzo(k)fluoranthène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005	0.005
1191	Fluoranthène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005	0.01
1618	2-méthylnaphtalène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005	0.01
1621	Dibenz(a,c/a,h)anthracène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005	0.01
1453	Acénaphtène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01	0.01
1458	Anthracène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01	0.01
1622	Acénaphthylène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01	
1623	Fluorène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01	0.01
1517	Naphtalène	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.05	0.05
1512	MTBE	Hydrocarbures et indices liés	0.5	0.5
1841	COT	Indices globaux	300	300
1368	Ag	métaux	0.01	0.05
1377	Be	métaux	0.01	0.04
1388	Cd	métaux	0.01	0.025
1369	As	métaux	0.05	0.25
1396	Ba	métaux	0.05	5
1379	Co	métaux	0.05	0.5
1382	Pb	métaux	0.05	0.4
1389	Cr	métaux	0.1	1
1392	Cu	métaux	0.1	0.5
1364	Li	métaux	0.1	1
1394	Mn	métaux	0.1	1
1386	Ni	métaux	0.1	1
1363	Sr	métaux	0.1	
1370	Al	métaux	0.5	2
1362	B	métaux	0.5	20
1383	Zn	métaux	0.5	2
2879	Tributylétain cation	Organométalliques	0.00005	0,0002

2542	monobutylétain cation	Organométalliques	0.002	
6372	Triphénylétain (Fentin)	Organométalliques	0.002	
7074	Dibutylétain cation	Organométalliques	0.002	
7495	Diphénylétain (DPhT)	Organométalliques	0.002	
7497	Monophenylétain (MPhT)	Organométalliques	0.002	
1936	Tetrabutylétain (TTBT)	Organométalliques	0.01	
7494	DiOctylétain cation (DOT)	Organométalliques	0.01	0.02
2925	m+p-Xylène	Paramètre calculé	0.03	2
-	Perfluoro(2-ethoxy-2-fluoroethoxy)-acetic acid (EEA)	PFAS	0.0001	
-	Acide 3-perfluorooctyl propanoique (8:3 FTCA (4H-PFUnDA))	PFAS	0.0001	
-	N-[3-(dimethylamino)propyl]perfluoro-1-hexanesulfonamide (PFHxSAM)	PFAS	0.0001	
7986	6:2 fluorotelomer sulfonamide propyl N,N dimethylamine (6:2 FTSaAM)	PFAS	0.0001	
9122	acide perfluoropropanesulfonique (PFPrS)	PFAS	0.0001	
5979	Acide perfluoropentanoique (PFPeA)	PFAS	0.0001	
5978	Acide perfluorohexanoique (PFHxA)	PFAS	0.0001	0.002
5977	Acide perfluoroheptanoique (PFHpA)	PFAS	0.0001	0.002
6509	Acide perfluorodecanoique (PFDA)	PFAS	0.0001	0.002
6507	Acide perfluorododecanoique (PFDoDA)	PFAS	0.0001	
6547	Acide perfluorotetradecanoique (PFTeDA)	PFAS	0.0001	
8984	Acide perfluorohexadecanoique (PFHxDA)	PFAS	0.0001	
8985	Acide perfluorooctadecanoique (PFODA)	PFAS	0.0001	
8738	Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS)	PFAS	0.0001	
6830	Acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS)	PFAS	0.0001	0.002
6542	Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS)	PFAS	0.0001	

6561	Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS)	PFAS	0.0001	0.05
9180	Acide perfluoro-4-ethylcyclohexane sulphonique (PFECHS)	PFAS	0.0001	
8739	Acide perfluorononane sulfonique (PFNS)	PFAS	0.0001	
6550	Acide perfluorodecane sulfonique (PFDS)	PFAS	0.0001	0.002
8740	Acide perfluoroundecane sulfonique (PFUnDS)	PFAS	0.0001	
8741	Acide perfluorododecane sulfonique (PFDoDS)	PFAS	0.0001	
8742	Acide perfluorotridecane sulfonique (PFTrDS)	PFAS	0.0001	
9170	Acide 3-perfluoropropyl propanoique (3:3 FTCA)	PFAS	0.0001	
7951	Acide 3-perfluopentyl propanoique (5:3 FTCA)	PFAS	0.0001	
9171	Acide 3-perfluoroheptyl propanoique (7:3 FTCA)	PFAS	0.0001	
7970	Acide 2H-Perfluoro-2-decenoique (8:2 FTUCA)	PFAS	0.0001	
7945	Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorohexane sulfonique (4:2 FTSA)	PFAS	0.0001	
7946	Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorodecane sulfonique (8:2 FTSA)	PFAS	0.0001	
9109	Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorododecane sulfonique (10:2 FTSA)	PFAS	0.0001	
9124	Bis[2-(perfluorohexyl)ethyl] phosphate (6:2 diPAP)	PFAS	0.0001	
9112	Bis[2-(perfluorooctyl)ethyl] phosphate (8:2 diPAP)	PFAS	0.0001	
8983	Acide 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoique (DONA)	PFAS	0.0001	
9111	Acide 9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonique (9Cl-PF3ONS)	PFAS	0.0001	
9110	Acide 11-chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1sulfonique (11Cl-PF3OUdS)	PFAS	0.0001	
6049	Perfluorobutylsulphonamide (FBSA)	PFAS	0.0001	

9129	Perfluorohexanesulfonamide (FHxSA)	PFAS	0.0001	
6026	n-methylperfluoro-1-butane sulfonamide (MeFBSA)	PFAS	0.0001	
6548	Perfluorooctanesulfonamide (FOSA)	PFAS	0.0001	
7089	N-methylperfluorooctanesulfonamide (MeFOSA)	PFAS	0.0001	
6662	N-ethylperfluorooctanesulfonamide (EtFOSA)	PFAS	0.0001	
6050	Perfluoro-1-butane sulfonamide methylacetate (MeFBSAA)	PFAS	0.0001	
7987	Acide 2-(n-methylperfluorooctanesulfonamido)acetique (MeFOSAA)	PFAS	0.0001	
8982	Acide perfluoro-2--propoxypropanoique (HFPO-DA)	PFAS	0.0001	
7991	6:2 fluorotelomere sulfonamide alkylbetaine (6:2 FTAB)	PFAS	0.0001	
-	Acide 7H-perfluoroheptanoique (HPFHpA)	PFAS	0.0001	
-	Acide 3,7-dimethyloctanoique (P37DMOA)	PFAS	0.0001	
5347	Acide perfluorooctanoique (PFOA)	PFAS	0.0002	0.002
7988	Acide 2-(n-ethylperfluorooctanesulfonamido)acetique (EtFOSAA)	PFAS	0.0002	
6508	Acide perfluorononanoique (PFNA)	PFAS	0.0004	
6549	Acide perfluorotridecanoique (PFTrDA)	PFAS	0.0004	
7992	acide perfluorooctane sulfonamidoacétique (FOSAA)	PFAS	0.0005	
6025	Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS)	PFAS	0.0005	
7967	Acide 2-perfluorohexylethanoique (6:2 FTCA)	PFAS	0.0005	
7969	Acide 2-perfluorooctylethanoique (8:2 FTCA)	PFAS	0.0005	

6510	Acide perfluoroundecanoique (PFUnDA)	PFAS	0.0007	
8981	2,2-difluoro-2-{[2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluoromethoxy)-1,3-dioxolan-4-yl]oxy}acetic acid (C6O4)	PFAS	0.001	
5980	acide perfluorobutanoïque (PFBA)	PFAS	0.001	
7893	Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctane sulfonique (6:2 FTSA)	PFAS	0.0025	
9120	acide trifluorométhanesulfinique (TFSH)	PFAS	0.01	
9121	acide perfluoropropanoïque (PFPrA)	PFAS	0.01	
9119	acide trifluorométhanesulfonique (TFMS)	PFAS	0.01	
8858	acide trifluoroacétique (TFA)	PFAS	0.1	
9123	acide perfluoroéthanesulfonique (PEEtS)	PFAS	0.1	
1462	Dibutylphtalate (DBP)	Phtalates	0.05	0.4
1527	Diéthylphtalate (DEP)	Phtalates	0.05	0.4
1489	Dimethylphtalate	Phtalates	0.1	0.4
1924	Butylbenzylphtalate	Phtalates	0.1	0.1
6616	Di(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP)	Phtalates	0.2	
-	Di-isoundecyl phtalate	Phtalates	0.4	
-	Di-n-octylphtalate (DnOP)	Phtalates	0.5	
-	Di-n-Pentylphtalate (DnPP)	Phtalates	0.5	
-	Dipropylphtalate	Phtalates	0.5	
-	Octylbutyl phtalate (BOP) (PP)	Phtalates	0.1	
-	Phtalate de di-n-héxyle (DnHP) (PP)	Phtalates	0.1	
-	Ethyl héxyl phtalate	Phtalates	0.39	
-	Ditridecyl phtalate	Phtalates	40	
-	Diisononyl phtalate	Phtalates	0.4	
-	Phtalate diisodécylique (DIDP)	Phtalates	10	
5325	Di-isobutyl phtalate (DiBP)	Phtalates	0.4	0.4

Annexe 3 Substances non quantifiées dans l'essai

Le tableau ci-dessous liste les substances qui n'ont pas été quantifiées dans l'essai, ainsi que la LQ du laboratoire et le code sandre/famille chimique.

Paramètre	code SANDRE	Famille Chimique SANDRE	LQ
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol ("surfynol 104")	6649	Alcools et polyols	0.1
4-tert-Octylphenol	1959	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02
4-tert-Butylphénol	2610	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.04
4-Nonylphenols monoethoxylate (NP1OE)	6366	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02
4-nonylphénol diéthoxylate (mélange d'isomères) (NP2OE)	6369	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02
4-tert-Octylphénol Monoéthoxylate (OP1EO)	6370	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02
4-tert-Octylphénol Diéthoxylate (OP2OE)	6371	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02
Bisphénol S	7594	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0.02
Benzène	1114	Benzène et dérivés	0.2
Ethylbenzène	1497	Benzène et dérivés	0.2
2,6-Dinitrotoluène	1577	Benzène et dérivés	0.5
2,4-Dinitrotoluène	1578	Benzène et dérivés	0.2
Biphényl	1584	Benzène et dérivés	0.01
Isopropylbenzène (cumène)	1633	Benzène et dérivés	1
2-Nitrotoluène	2613	Benzène et dérivés	0.05
Nitrobenzène	2614	Benzène et dérivés	0.05
Bromoforme (tribromométhane)	1122	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5
Chloroforme (trichlorométhane)	1135	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5
Dibromochlorométhane	1158	COHV, solvants chlorés, fréons	0.2
1,1-Dichloroéthane	1160	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1
1,2-Dichloroéthane	1161	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1
1,1-Dichloroéthylène	1162	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5
Bromodichlorométhane	1167	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5
Dichlorométhane	1168	COHV, solvants chlorés, fréons	4.5
1,1,2,2- Tétrachloroéthane	1271	COHV, solvants chlorés, fréons	0.02
Tétrachlorure de carbone	1276	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1
1,1,1-Trichloroéthane	1284	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1
1,1,2-Trichloroéthane	1285	COHV, solvants chlorés, fréons	0.25
1,3-dichloropropène	1487	COHV, solvants chlorés, fréons	0
1,2-Dibromoéthane	1498	COHV, solvants chlorés, fréons	0.02
Bromométhane	1530	COHV, solvants chlorés, fréons	0.03
Hexachloro-1,3-butadiène	1652	COHV, solvants chlorés, fréons	0.02
Hexachloroéthane	1656	COHV, solvants chlorés, fréons	1
Trans-1,2-dichloroéthylène	1727	COHV, solvants chlorés, fréons	0.5

Chlorure de vinyle	1753	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1
cis-1,3-Dichloropropène	1834	COHV, solvants chlorés, fréons	0.05
1,3-dichloropropène (Trans)	1835	COHV, solvants chlorés, fréons	0.05
3-Chloropropène	2065	COHV, solvants chlorés, fréons	0.1
Chloroprène	2611	COHV, solvants chlorés, fréons	1
Ibuprofène	5350	Divers (autres organiques)	0.01
Kétoprofène	5353	Divers (autres organiques)	0.01
Cotinine	6520	Divers (autres organiques)	0.005
Galaxolide	6618	Divers (autres organiques)	0.02
Ethylparaben	6644	Divers (autres organiques)	0.01
Propylparaben	6693	Divers (autres organiques)	0.01
Methylparaben	6695	Divers (autres organiques)	0.01
Acide acétylsalicylique	6735	Divers (autres organiques)	0.02
1-Hydroxy Ibuprofen	7011	Divers (autres organiques)	0.01
2-Hydroxy Ibuprofen	7012	Divers (autres organiques)	0.01
1-laureth sulfate	8323	Divers (autres organiques)	0.01
2-laureth sulfate	8324	Divers (autres organiques)	5
Benzo(a)anthracène	1082	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.001
Benzo(a)pyrène	1115	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.001
Benzo(b)fluoranthène	1116	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005
Benzo(k)fluoranthène	1117	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005
Fluoranthène	1191	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	1204	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.0006
Acénaphtène	1453	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01
Anthracène	1458	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01
Naphtalène	1517	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.05
Dibenz(a,c/a,h)anthracène	1621	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.005
Acénaphthylène	1622	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01
Fluorène	1623	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)	0.01
MTBE	1512	Hydrocarbures et indices liés	0.5
Tétrabutylétain (TTBT) - Sn	1936	Organométalliques	0.01
Tributylétain cation	2879	Organométalliques	0.00005
Triphénylétain cation (Fentin)	6372	Organométalliques	0.002
Dibutylétain cation	7074	Organométalliques	0.002
DiOctylétain cation (DOT)	7494	Organométalliques	0.01

Diphénylétain cation	7495	Organométalliques	0.002
Monophenylétain cation (MPhT)	7497	Organométalliques	0.002
PFHxA	5978	PFAS	0.0001
MeFBSA	6026	PFAS	0.0001
FBSA	6049	PFAS	0.0001
MeFBSAA	6050	PFAS	0.0001
PFDoDA	6507	PFAS	0.0001
PFNA	6508	PFAS	0.0004
PFDA	6509	PFAS	0.0001
PFUnDA	6510	PFAS	0.0007
PFTeDA	6547	PFAS	0.0001
PFTrDA	6549	PFAS	0.0004
PFDS	6550	PFAS	0.0001
EtFOSA	6662	PFAS	0.0001
MeFOSAA	7089	PFAS	0.0001
6:2 FTSA	7893	PFAS	0.0025
4:2 FTSA	7945	PFAS	0.0001
8:2 FTSA	7946	PFAS	0.0001
5:3 FTCA	7951	PFAS	0.0001
6:2 FTCA	7967	PFAS	0.0005
8:2 FTCA	7969	PFAS	0.0005
8:2 FTUCA	7970	PFAS	0.0001
6:2 FTSaAM	7986	PFAS	0.0001
MeFOSA	7987	PFAS	0.0001
EtFOSAA	7988	PFAS	0.0002
FOSAA	7992	PFAS	0.0005
PFNS	8739	PFAS	0.0001
PFUnDS	8740	PFAS	0.0001
PFDoDS	8741	PFAS	0.0001
PFTrDS	8742	PFAS	0.0001
C6O4	8981	PFAS	0.001
HFPO-DA	8982	PFAS	0.0001
DONA	8983	PFAS	0.0001
PFHxDA	8984	PFAS	0.0001
PFODA	8985	PFAS	0.0001
10:2 FTSA	9109	PFAS	0.0001
11Cl-PF3OUdS	9110	PFAS	0.0001
9Cl-PF3ONS	9111	PFAS	0.0001
8:2 diPAP	9112	PFAS	0.0001
TFSH	9120	PFAS	0.01
PFPrA	9121	PFAS	0.01
PFEtS	9123	PFAS	0.1
6:2 diPAP	9124	PFAS	0.0001
FHxSA	9129	PFAS	0.0001
3:3 FTCA	9170	PFAS	0.0001

7:3 FTCA	9171	PFAS	0.0001
PFECHS	9180	PFAS	0.0001
8:3 FTCA (4H-PFUnDA)	9223	PFAS	0.0001
P37DMOA	9224	PFAS	0.0001
HPFHpA	9225	PFAS	0.0001
EEA	9569	PFAS	0.0001
PFHxSAm	9570	PFAS	0.0001
Dimethylphtalate	1489	Phtalates	0.1
Diéthylphtalate (DEP)	1527	Phtalates	0.05
Butylbenzylphtalate	1924	Phtalates	0.1
Di-isobutyl phtalate (DiBP)	5325	Phtalates	0.4
Diéthylhéxylphtalate (DEHP)	6616	Phtalates	0.2
Diisononyl phtalate	-	Phtalates	0.4
Di-isoundecyl phtalate	-	Phtalates	0.4
Di-n-octylphtalate (DnOP)	-	Phtalates	0.5
Di-n-pentyl phtalate (DnPP)	-	Phtalates	0.5
Dipropylphtalate	-	Phtalates	0.5
Ditridecyl phtalate	-	Phtalates	40
Ethyl héxyl phtalate	-	Phtalates	0.39
Octylbutyl phtalate (BOP)	-	Phtalates	0.1
Phtalate de di-n-héxyle (DnHP)	-	Phtalates	0.1
Phtalate diisodécylique (DIDP)	-	Phtalates	10

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr