



Concentrations en PFAS dans les sols en Suisse

Vue d'ensemble

Version du 24.02.2026

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)
Commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN)

Impressum

Mandant	Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Sols et biotechnologie, CH-3003 Berne Cette étude a été réalisée sur mandat de l'OFEV. Le mandataire est seul responsable du contenu.
Mandataire	EPF Zurich, Institut de biogéochimie et de dynamique des polluants (IBP), CH-8092 Zurich Haute école zurichoise de sciences appliquées (ZHAW), Institut de l'environnement et des ressources naturelles (IUNR), CH-8820 Wädenswil
Auteurs et autrices	Juliane Glüge, EPF Zurich Elvira Rudin*, EPF Zurich et ZHAW Basilus Thalmann, ZHAW Martin Scheringer, EPF Zurich *Contact: EPF Zurich, Universitätstrasse 16, 8092 Zurich, elvira.rudin@usys.ethz.ch
Accompagnement groupe d'experts	GT PFAS dans les sols, Motion Maret Alice Badin, OFEV Claudia Blaser, AfU SO Dörte Carstens, uwe LU Sarah Chékifi, ALN ZH Francesco Danza, DT SPAAS TI Bastien Guex, OCEV GE Harry Ilg, AfU UR Aline Loher, AfU SG Mireia Martí Roura, OFEV Elisabeth Papazoglou, AUE BL Stéphane Westermann, SEN VS Michael Zimmermann, OFAG

Résumé

Plus de mille analyses sol ont été collectées et analysées afin de dresser la situation relative aux concentrations de PFAS dans les sols suisses. La plupart des données proviennent de campagnes de mesure cantonales poursuivant des objectifs divers. Certaines de ces campagnes consistaient par exemple à investiguer plus en détail des sites pollués, alors que d'autres se concentraient sur des questions telles que la pollution des sols dans les zones d'habitation ou sur la pollution de fond au sein d'un canton. Les données de Thalmann et al. (2022) ont également été ajoutées, qui montrent la pollution de fond par les PFAS dans les sols suisses. Les données actuelles se composent donc de mesures de concentration de sites pollués, de sites où l'on soupçonnait la présence de PFAS et de la pollution de fond. Il ne s'agit donc pas d'un échantillon aléatoire sur l'ensemble des sols de Suisse. Avec plus de 1000 échantillons et une large couverture géographique, cet ensemble de données présenté ici complète dans une large mesure les connaissances actuelles sur les concentrations en PFAS dans les sols. Il permet de mieux comprendre les causes de la pollution par les PFAS dans les sols suisses et l'ampleur de cette pollution entre des sites très différents.

L'ensemble de données présenté ici complète dans une large mesure les connaissances actuelles sur les concentrations en PFAS dans les sols. La médiane pour la somme de tous les PFAS mesurés en dessus de la limite de détection dans la couche supérieure du sol est de 2,4 µg/kg de matière sèche (MS) pour les sites agrégés est plus élevée que la médiane de 1,4 µg/kg MS déterminée par Thalmann et al. (2022) pour la somme de 32 PFAS. Avec 23,2 µg/kg MS, le 95^e percentile pour les sites agrégés ici est également nettement supérieur à la valeur de 5,0 µg/kg MS déterminée par Thalmann et al. (2022). Cela s'explique très probablement par le fait que cette étude a analysé davantage de sols liés à une source présumée de PFAS (p. ex. épandage de boues d'épuration contaminées ou utilisation de mousses anti-incendie). On peut supposer que la contamination moyenne des sols suisses par les PFAS se situe entre les valeurs indiquées dans ces deux études.

Si l'on classe les sites agrégés par catégorie d'utilisation des sols, on constate que la disponibilité des données varie considérablement. Les données les plus nombreuses concernaient les surfaces arables, alors que l'on ne disposait même pas de vingt sites agrégés pour de nombreux autres types d'utilisation (surfaces industrielles et artisanales, espaces (verts) urbains, jardins familiaux/cultures maraîchères, cultures spéciales). Ce sont surtout les sites avec utilisation de mousses extinctrices qui présentent des charges particulièrement élevées (médiane : 20 µg/kg MS, 95^e : 113 µg/kg MS). Les autres affectations présentant une médiane élevée sont les zones industrielles (médiane : 4,4 µg/kg MS, 95^e : 10,07 µg/kg MS) et les espaces (verts) urbains (médiane : 3,8 µg/kg MS, 95^e : 15 µg/kg MS). Les concentrations les plus faibles ont été observées dans les surfaces de pâturage situées à plus de 1'000 m d'altitude (médiane : 1,02 µg/kg MS, 95^e : 6,75 µg/kg MS).

Les surfaces liées à une source présumée de PFAS présentent une concentration moyenne plus élevée (11,5 µg/kg MS, 95^e : 96 µg/kg MS) que les zones sans source connue (médiane : 2,0 µg/kg MS, 95^e : 8,2 µg/kg MS). Les concentrations les plus élevées ont été observées pour les sites où des mousses extinctrices ont été utilisées (médiane : 20 µg/kg MS, 95^e : 113 µg/kg MS) et sur les surfaces d'épandage de boues d'épuration (médiane : 14,3 µg/kg MS, 95^e : 51 µg/kg MS). Certaines surfaces sans source connue de PFAS atteignent néanmoins des concentrations supérieures à 100 µg/kg MS, alors que d'autres surfaces liées à une source présumée présentent des concentrations inférieures à 1 µg/kg pour la somme de tous les PFAS détectés.

L'analyse des profils de pollution de onze acides perfluoroalkylés (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFBS, PFHxS, PFOS) a révélé qu'il semble exister des profils typiques pour les sources présumées telles que boues d'épuration, mousses extinctrices et sites avec sources diffuses (sites forestiers).

Des échantillons ont été prélevés dans la couche superficielle (profondeur 0 – 20 cm) et dans la couche inférieure du sol (profondeur 20 – 40 cm) en 113 points de prélèvement. À quelques exceptions près, la contamination était plus élevée dans la couche supérieure (médiane : 5,9 µg/kg MS, 95^e : 86.2 µg/kg MS) que dans la couche inférieure du sol (médiane : 3,3 µg/kg MS, 95^e : 61,4 µg/kg MS).

Table des matières

Résumé	i
1 Introduction	1
2 Méthodes	2
3 Résultats	2
3.1 Aperçu des données	2
3.1.1 Sites et dates de prélèvement	2
3.1.2 Substances PFAS individuelles mesurées	3
3.1.3 Agrégation des points de prélèvement	5
3.2 Évaluation par substance individuelle	7
3.3 Évaluation en fonction du type d'utilisation du sol	8
3.4 Évaluation en fonction de la source présumée	11
3.5 Influence des boues d'épuration sur les terres arables.....	12
3.6 Profils de composés PFAS individuels en fonction de l'utilisation du sol	12
3.7 Concentrations dans la couche inférieure du sol	17
4 Discussion	20
5 Références	23
6 Annexe A.....	24
6.1 Demande de données	24
6.2 Analyse des données	24
7 Annexe B.....	27

1 Introduction

Les composés per- et polyfluoroalkylés (PFAS) sont préoccupants en raison de leur grande persistance (ou de la persistance de leurs produits de dégradation) et de leurs effets sur la santé humaine et l'environnement, notamment en ce qui concerne l'état et la préservation de la fertilité des sols.

Le groupe de travail (GT) « PFAS Sols » de la motion Maret (22.3929)¹ a chargé les auteurs de ce rapport de rassembler et d'évaluer les mesures de concentration en PFAS dans les sols en Suisse. Le présent rapport offre un aperçu général de la pollution par les PFAS en Suisse, sans toutefois établir de classification pour les valeurs limites relatives au sol, raison pour laquelle ce sont les concentrations en substances et non les valeurs de toxicité équivalentes (TEQ) qui sont présentées.

L'évaluation a pour principal objectif de dresser l'état des connaissances actuelles concernant la contamination des sols suisses par les PFAS. Jusqu'à présent, seules des données sur la pollution de fond des sols suisses ont été publiées (Thalmann et al. 2022). Ces données sont issues de mesures effectuées dans la couche superficielle (146 mesures) et dans la couche inférieure du sol (49 mesures) ; 107 de ces mesures proviennent de l'Observatoire national des sols (NABO). Mais on ne connaît pas l'état de la pollution dans le reste de la Suisse. Afin de combler cette lacune, les services cantonaux spécialisés ont été invités à fournir des données, qui ont ensuite été standardisées et évaluées. Les données fournies par les cantons ont été complétées par les données publiées par Thalmann et al. (2022). Les données originales sont en partie soumises à des accords stricts sur l'utilisation des données et ne sont donc pas publiées.

L'ensemble de données résulte de nombreuses campagnes de mesure poursuivant des objectifs divers, ce qui en explique l'hétérogénéité. Ainsi, certains cantons se sont spécifiquement concentrés sur les pollutions et les sources de contamination, tandis que d'autres ont plutôt prélevé des échantillons dans des zones d'habitation ou sans suspicion de pollution. L'ensemble de données comprend des mesures de concentration de la pollution de fond et des mesures effectuées dans des zones polluées ou susceptibles d'être contaminées. De plus, les protocoles d'échantillonnage ou de mesure ainsi que le choix des substances n'étaient pas uniformes ni systématiques. Cette hétérogénéité représente un défi pour l'analyse des données et a donc été quelque peu réduite, p. ex. par agrégation des sites.

Au total, plus de mille échantillons ont pu être collectés. Ce rapport permet de mieux comprendre la présence et la répartition des composés PFAS et de leurs concentrations dans le sol et fournit des indications sur les sources significatives de PFAS. L'analyse des profils de pollution permet par ailleurs d'identifier si certains profils de concentration sont typiques d'une utilisation ou d'une source de PFAS donnée. Les résultats obtenus constituent une base importante pour mieux comprendre les concentrations en PFAS dans les sols.

[22.3929 | Définition dans les ordonnances de valeurs spécifiques aux PFAS | Affaires | Le Parlement suisse](#)

2 Méthodes

En février 2025, tous les cantons ont reçu un courrier leur demandant de fournir les données mesurées lors des campagnes cantonales. Les informations demandées concernaient les concentrations de 46 substances PFAS individuelles, les métadonnées relatives à l'échantillonnage et à l'analyse, ainsi que les points de prélèvement. Ces données ont ensuite été standardisées. Il s'agissait d'une part de standardiser les métadonnées (p. ex. type d'utilisation du sol, sources, classification couche supérieure / couche inférieure du sol), et d'autre part les données de mesure (p. ex. résultats d'analyse inférieurs à la limite de détection). Les évaluations ont été réalisées avec MS Excel et Python. Une description détaillée des méthodes est donnée à l'annexe A.

3 Résultats

3.1 Aperçu des données

25 cantons ont répondu à la demande de transmission de données ; parmi ceux-ci, 15 ont fourni des données sur les PFAS. Nous avons reçu des valeurs mesurées dans la couche superficielle du sol pour 923 points de prélèvement. Si on les additionne aux points de prélèvement pour lesquels Thalmann et al. (2022) avaient déjà publié des concentrations, on arrive ainsi à 1'070 points de prélèvement pour lesquels on dispose des concentrations de PFAS dans la couche superficielle du sol. 125 de ces points de prélèvement contiennent également des données pour la couche inférieure du sol.

3.1.1 Sites et dates de prélèvement

La Figure 1 donne la répartition par canton des points de prélèvement contenus dans l'ensemble de données. Quinze cantons ont fourni des mesures sur les PFAS, avec en tête les cantons de Saint-Gall, de Zurich, du Valais et du Tessin.

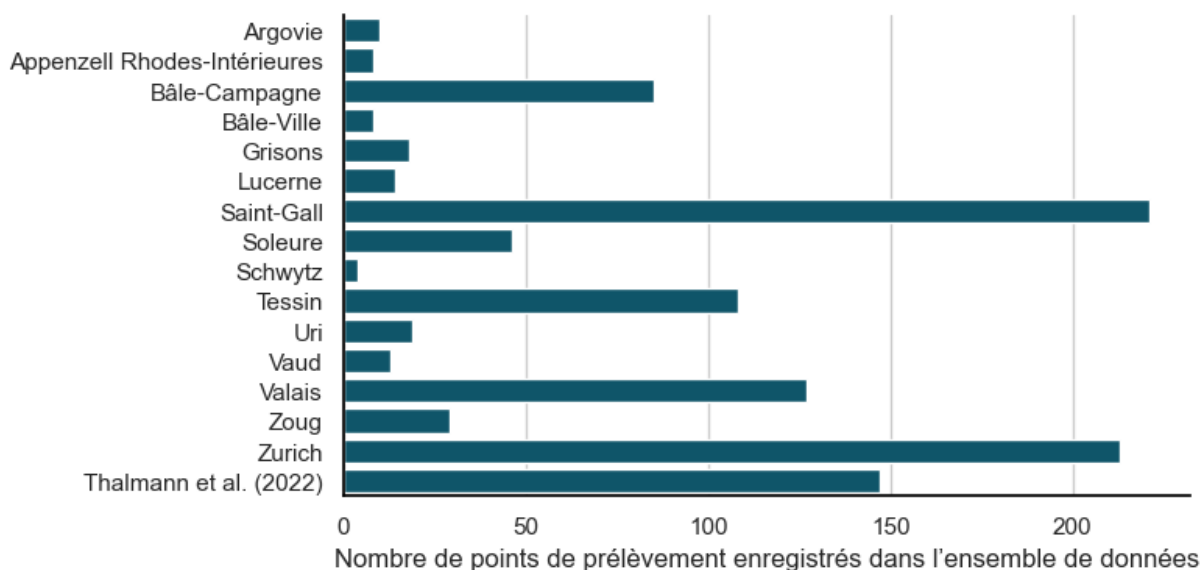


Figure 1 : Nombre de points de prélèvement par canton et pour Thalmann et al. (2022).

Il ressort de la Figure 2 que la plupart des sites cantonaux ont été échantillonnés après 2020. Les premiers prélèvements datent de 2001. Les données pour 2025 n'ont été enregistrées que jusqu'en février, le nombre effectif de mesures est donc sans doute plus élevé.

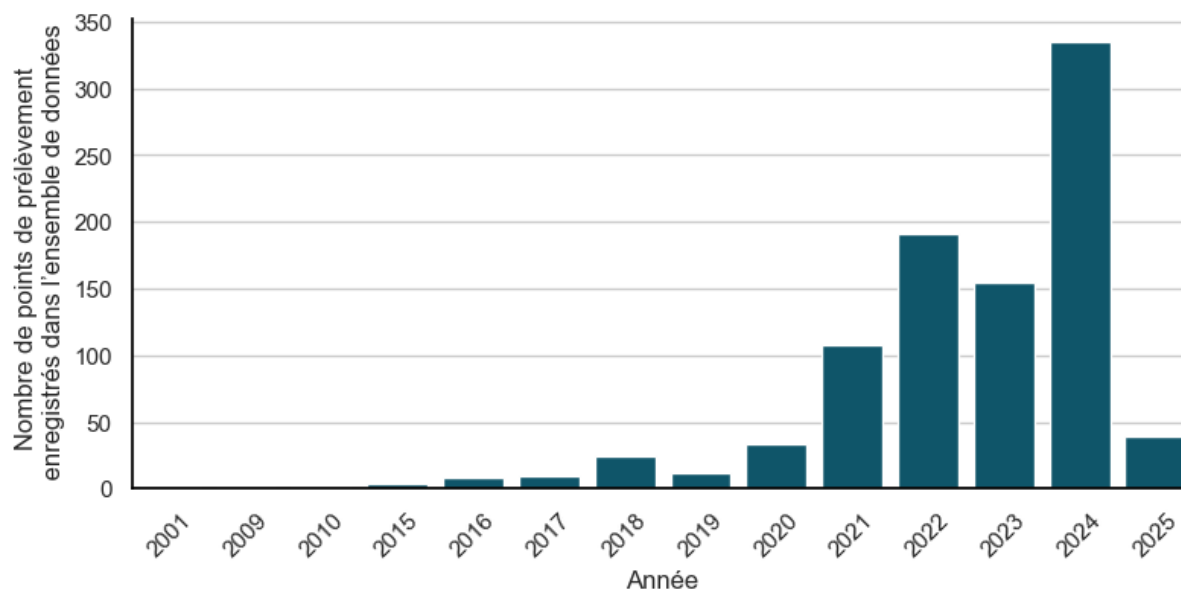


Figure 2 : Nombre de points de prélèvement par année (les données de Thalmann et al. (2022) n'ont pas été prises en compte). Les données 2025 ont été collectées seulement jusqu'en février 2025.

3.1.2 Substances PFAS individuelles mesurées

La Figure 3A indique quelles substances PFAS individuelles ont été mesurées et détectées parmi les 46 substances qui nous intéressent. Dans la suite du rapport, l'évaluation se concentrera soit sur la somme de tous les PFAS détectés, soit sur onze substances individuelles. Les onze substances individuelles comprennent six acides carboxyliques perfluorés (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA) et trois acides sulfoniques perfluorés (PFBS, PFHxS, PFOS). Les substances susmentionnées ont presque toutes été détectées dans plus de 20 % des points de prélèvement (à l'exception du PFBS, qui a été détecté dans 10 % des cas), pour lesquels elles étaient d'ailleurs incluses dans le programme de mesure (Figure 3B). D'autres substances telles que le (P)FOSA, l'Et-FOSAA et le PFDoDA ont été détectées dans plus de 10 % des points de prélèvement et faisaient partie du programme d'analyse. Les substances PFNS, PFHpS et PFTrDA ont été détectées dans plus de 5 % des points de prélèvement pour lesquels elles figuraient au programme de mesure.

Concentrations en PFAS dans les sols en Suisse - aperçu général

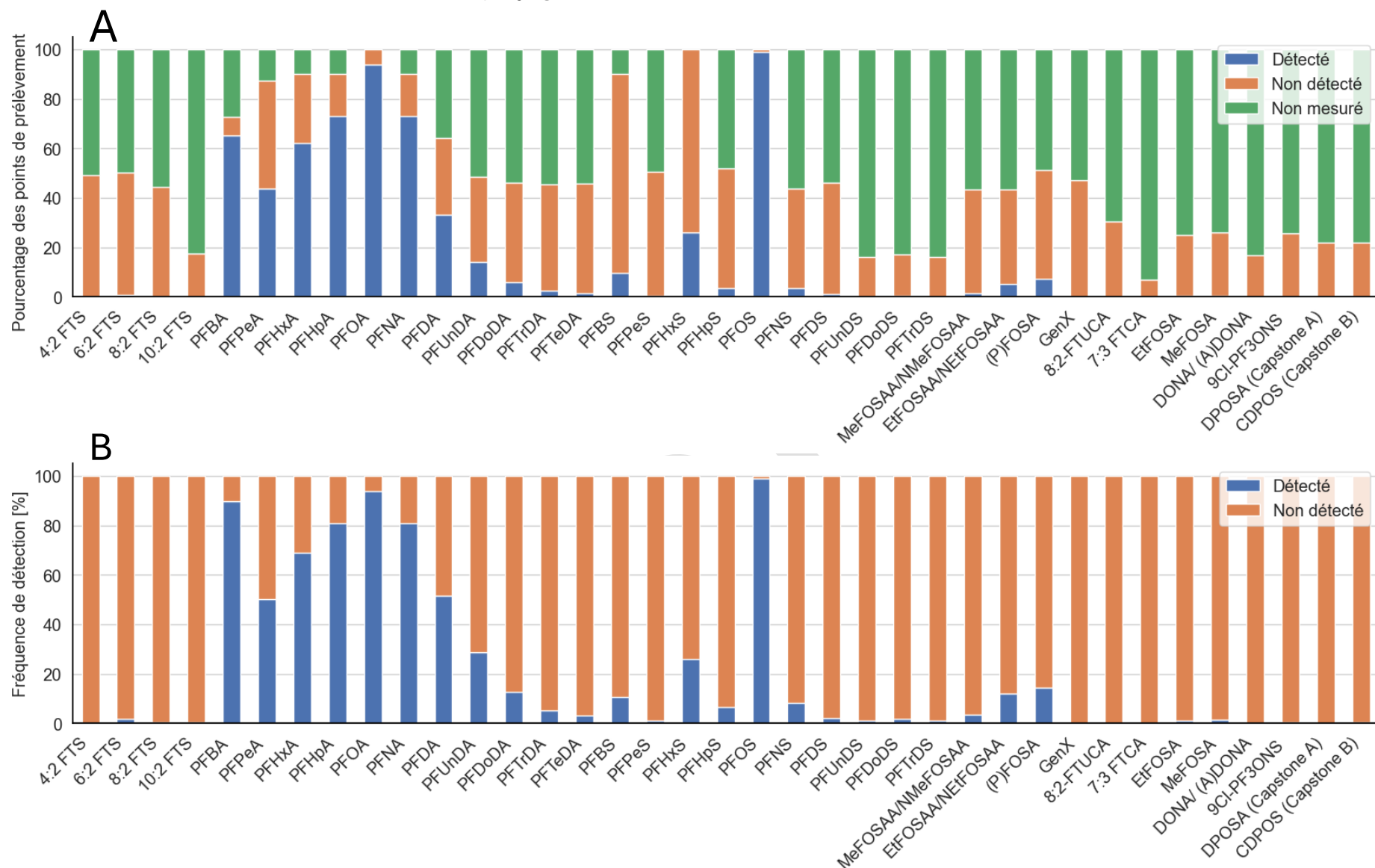


Figure 3 : Aperçu des substances PFAS individuelles prises en compte dans l'analyse des données. A) Proportion des points de prélèvement pour lesquels les différents PFAS ont été détectés ou mesurés (1070). B) Fréquence de détection lorsque la substance individuelle était incluse dans le programme de mesure. La limite de détection était de 0,1 µg/kg MS pour toutes les substances, à l'exception du DPOSA (Capstone A) et du CDPOS (Capstone B). La limite était de 1 µg/kg MS pour le DPOSA (Capstone A) et le CDPOS (Capstone B). Les substances NFDHA, PFEEA, PFMPA, PFMPA, PFMPA, HQ-115, 11CI-PF3OUdS, 5:3 TFCA et 6:2 FTUCA ne figuraient au programme de mesure d'aucun des échantillons et ne sont donc pas mentionnées ici.

3.1.3 Agrégation des points de prélèvement

Comme le montre la Figure 4, le nombre de points de prélèvement varie considérablement d'une commune à l'autre. Dans les communes comptant de nombreux points de prélèvement, on peut supposer que les mesures ont été effectuées soit en raison de certains risques, soit dans le cadre d'une problématique spécifique (p. ex. sols dans des zones habitées). Ces sites sont donc surreprésentés dans l'ensemble de données. Comme l'ensemble de données ne contenait que peu d'informations sur les sites, il a été décidé de limiter cette surreprésentation en réalisant une agrégation fonctionnelle des sites. Les points de prélèvement ont été regroupés lorsqu'ils se trouvaient dans la même commune, concernaient une même utilisation des sols, avaient la même source présumée et le même statut en matière d'épandage de boues d'épuration (oui / pas de source connue). Pour chaque site agrégé, on a calculé la valeur moyenne des concentrations pour chaque substance individuelle. Les valeurs totales ont ensuite été obtenues en additionnant les valeurs moyennes des concentrations en substances individuelles.

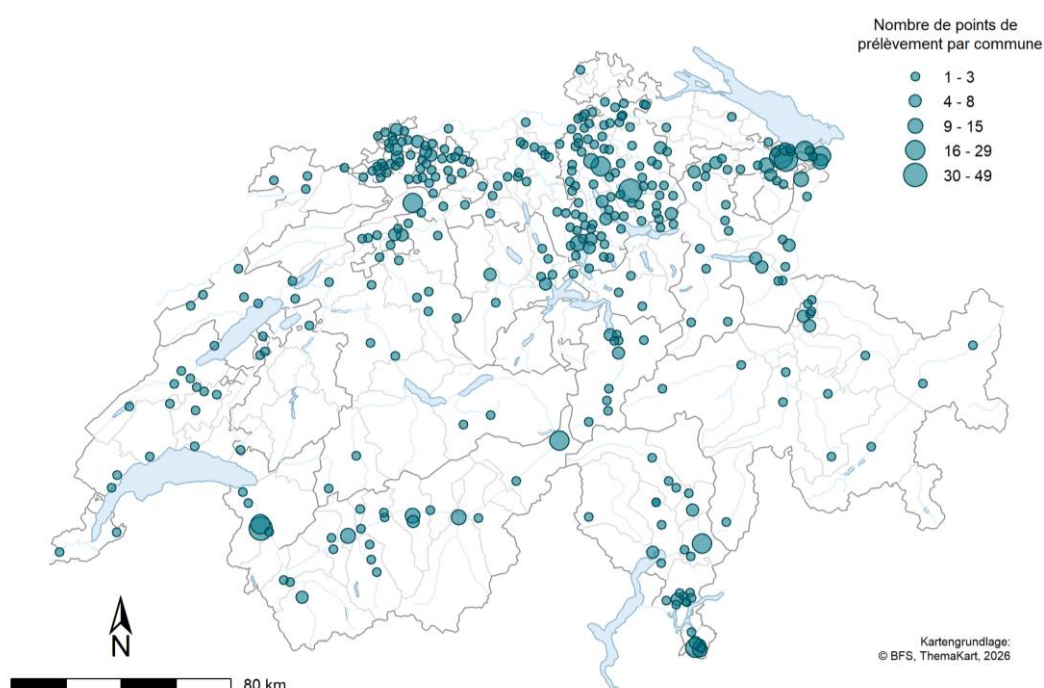


Figure 4 : Points de prélèvement par commune (y compris les données de Thalmann et al., (2022)). La grandeur des cercles indique le nombre de points de prélèvement par commune. Au total, on compte 1'070 points de prélèvement répartis sur 350 communes.

Cela a donné lieu à 480 sites agrégés disposant de données PFAS pour les 350 communes. Le Tableau 1 indique le nombre de points de prélèvement regroupés par site fonctionnel. La majorité (70 %) des sites agrégés consistent en un seul point de prélèvement, 22 % en comptent entre deux et cinq et moins de 10 % ont été agrégés à partir de plus de cinq points de prélèvement.

Tableau 1 : Nombre de points de prélèvement par site agrégé

Nombre de sites agrégés	Nombre de points de prélèvement par site agrégé
341	1
64	2
43	3 – 5
18	6 – 10
8	11 – 20
6	> 20

Le Tableau 2 met en relation le nombre de points de prélèvement par commune et la somme moyenne de tous les PFAS qui y ont été détectés. Pour 8 des 10 communes où le nombre d'échantillons prélevés est particulièrement élevé, il apparaît que la somme des PFAS détectés (Σ PFAS) est en moyenne nettement supérieure à la médiane de 2,1 µg/kg de matière sèche (MS) calculée pour l'ensemble des communes. Cette médiane est parfois dépassée de 20 fois. Cela s'explique principalement par le fait que le nombre d'échantillons prélevés est plus élevé dans les cas où l'on suspecte une pollution que dans les autres cas. En outre, une des campagnes d'échantillonnage s'est concentrée sur les zones d'habitation (urbaines). Ces zones d'habitation présentent une concentration jusqu'à deux fois supérieure à la médiane de toutes les communes.

Tableau 2 : Nombre de points de prélèvement et moyenne des sommes de tous les PFAS détectés pour les 10 communes comptant le plus grand nombre de points de prélèvement.

Nombre de points de prélèvement	Moyenne Σ PFAS [µg/kg MS]	Nombre de points de prélèvement	Moyenne Σ PFAS [µg/kg MS]
49	3,4	25	16
47	27,4	23	4,2
43	5,3	21	1,6
39	43,0	20	11,4
29	2,4	20	14,8

La Figure 5 illustre le nombre de sites par type d'utilisation des sols, après agrégation. La majorité des sites sont des terres arables ou des surfaces de pâturage situées en dessous de 1'000 m d'altitude, suivies par des forêts, des zones d'habitation extra-urbaines et des surfaces de pâturage en dessus de 1'000 m d'altitude. Les zones où des mousses extinctrices ont été utilisées ont été définies comme une catégorie à part, car l'utilisation de mousses anti-incendie induit des apports élevés en PFAS et ces apports n'ont rien à voir avec l'utilisation réelle des terres. Ce sont des zones où l'on soupçonne que des mousses d'extinction contenant des PFAS ont été utilisées. Il peut s'agir, par exemple, de terrains d'entraînement des pompiers ou de sites d'incendies majeurs ; des échantillons ont également été prélevés sur certaines surfaces adjacentes (p. ex. si on soupçonne une dérive aérienne de mousses extinctrices) et celles-ci ont été classées comme zones liées à une utilisation de mousses extinctrices.

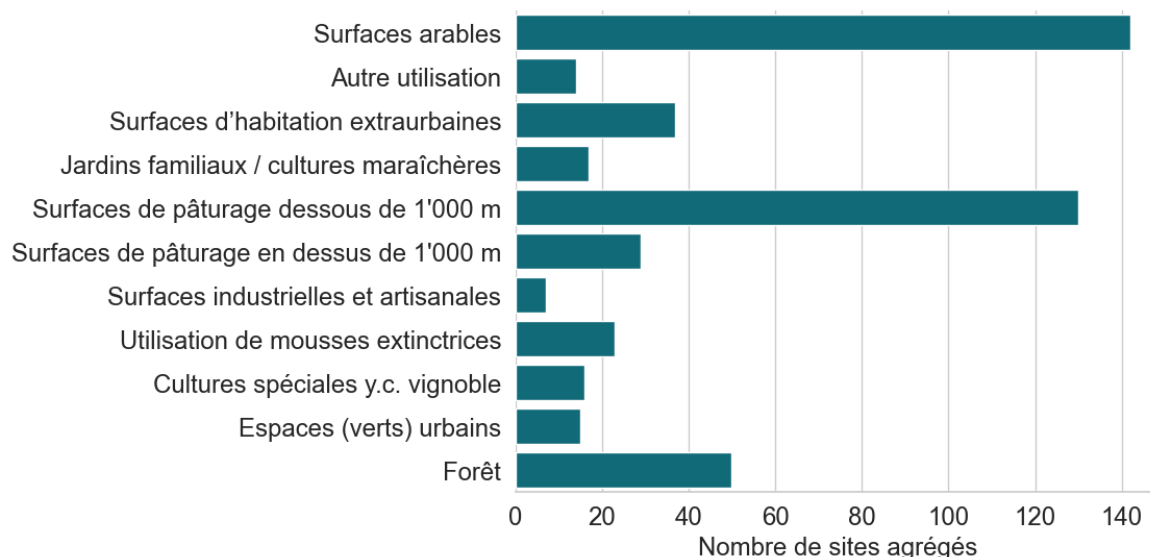


Figure 5 : Nombre de sites après agrégation

3.2 Évaluation par substance individuelle

La Figure 6 illustre la répartition des concentrations pour les différentes substances PFAS individuelles (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFBS, PFHxS et PFOS) et pour la somme de tous les PFAS détectés dans la couche superficielle du sol. Typiquement, c'est le PFOS qui domine largement dans la somme de tous les PFAS détectés, avec une médiane supérieure à 1 µg/kg MS et certaines mesures dépassant 100 µg/kg MS. Les concentrations des autres substances sont globalement dix fois plus faibles, même si elles peuvent parfois dépasser 1 µg/kg MS, voire 10 µg/kg MS. Une statistique descriptive plus approfondie en fonction de l'utilisation des surfaces est présentée dans le Tableau 3. Il est important de mentionner que les mesures inférieures à la limite de détection ont été comptabilisées comme nulles dans les statistiques descriptives, tandis qu'elles n'ont pas été prises en compte dans la Figure 6.

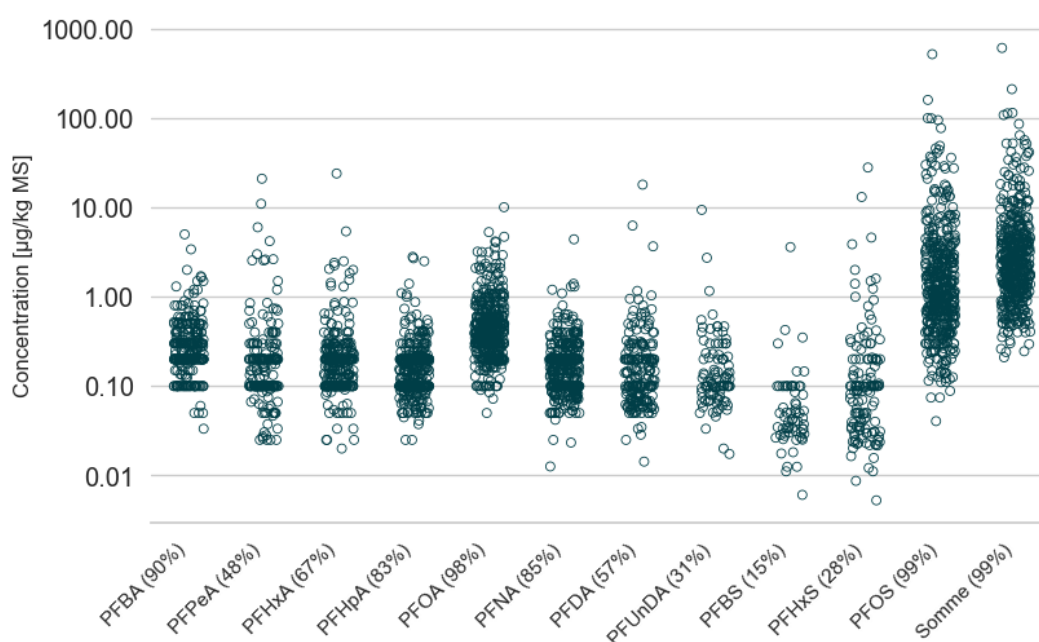


Figure 6 : Concentrations des substances PFAS individuelles et somme de tous les PFAS détectés. Le tableau a été établi sur la base des sites agrégés. Les points de mesure présentant des concentrations inférieures à la limite de détection n'ont pas été pris en compte. La fréquence de détection est indiquée entre parenthèses.

La médiane pour la somme de tous les PFAS détectés se situe à 2,36 µg/kg MS. Le Tableau 3 indique le pourcentage de sites pour lesquels certaines concentrations sont dépassées. 104 sites, soit 22 % des sites présentent une concentration supérieure à 5 µg/kg. 18 % des sites agrégés se situent entre 5 et 30 µg/kg, et 4 % dépassent les 30 µg/kg.

Tableau 3 : Aperçu du nombre et du pourcentage de sites agrégés pour lesquels la somme des PFAS détectés dépasse une certaine concentration. L'ensemble de données contient au total 483 sites agrégés.

Σ PFAS [µg/kg MS]	Nombre de sites agrégés	Pourcentage de sites agrégés
plus de 0,1	477	99%
plus de 0,5	455	95%
plus de 1	386	80%
plus de 2	264	55%
plus de 3	189	39%
plus de 4	142	30%
plus de 5	104	22%
plus de 10	56	12%
plus de 15	36	8%
plus de 20	28	6%
plus de 25	23	5%
plus de 30	20	4%
plus de 40	15	3%
plus de 50	12	3%

3.3 Évaluation en fonction du type d'utilisation du sol

La Figure 7 présente les sommes de tous les PFAS détectés (mesures de concentration) pour les différents types d'utilisation du sol sous forme de boîtes à moustache. Ce sont les sites avec utilisation de mousse extinctrice qui présentent les concentrations les plus élevées, et les surfaces de pâturage en dessous de 1'000 m d'altitude qui ont la médiane la plus basse. Les boîtes à moustaches pour les 11 substances individuelles sont également représentées sous forme graphique à l'annexe B.

Pour l'évaluation en fonction du type d'utilisation du sol, on a pris en compte la médiane ainsi que les 75^e et 95^e percentiles (Tableau 4). Comme on ne disposait pas de 20 points de données pour toutes les catégories et substances, le 95^e percentile a été en partie interpolé et comporte donc des incertitudes. Le 95^e percentile pour la somme des PFAS est de 23,2 µg/kg MS, toutes zones confondues. Les quantiles pour la somme des PFAS sont également représentés sous forme graphique à l'annexe B.

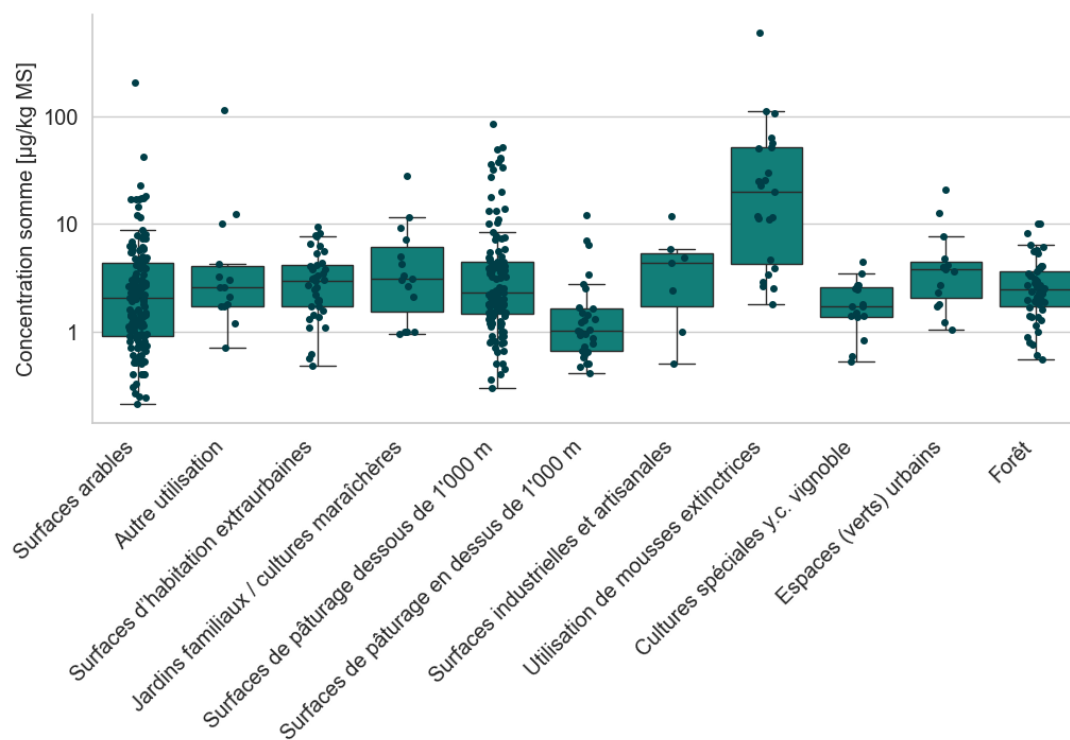


Figure 7 : Boîtes à moustaches illustrant la concentration totale de tous les PFAS détectés, en fonction de l'utilisation du sol. Les sites agrégés dont les concentrations totales étaient inférieures à la limite de détection n'ont pas été pris en compte (n=3).

Tableau 4 : Médiane, 75° percentile et 95° percentile pour les composés PFAS individuels et pour la somme de tous les PFAS détectés, pour toutes les zones confondues et par type d'utilisation, en µg/kg MS.

Percentile	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFBS	PFHxS	PFOS	Somme
Toutes zones confondues												
0,50	0,20	0,00	0,10	0,12	0,40	0,13	0,06	0,00	0,00	0,00	1,10	2,36
0,75	0,36	0,13	0,20	0,20	0,60	0,20	0,16	0,07	0,00	0,02	2,80	4,50
0,95	0,8	0,49	0,5	0,41	1,8	0,41	0,5	0,3	0,06	0,3	16,11	23,18
Agriculture												
0,50	0,15	0,00	0,05	0,07	0,30	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	2,03
0,75	0,20	0,10	0,13	0,10	0,50	0,13	0,10	0,00	0,00	0,00	3,18	4,38
0,95	0,36	0,2	0,21	0,2	1,3	0,3	0,45	0,31	0	0,1	13,32	17,02
Autre type d'utilisation												
0,50	0,40	0,05	0,16	0,19	0,50	0,30	0,44	0,34	0,00	0,00	1,45	2,60
0,75	0,52	0,28	0,22	0,22	0,79	0,44	1,41	0,64	0,03	0,16	1,93	4,03
0,95	0,74	0,37	0,29	0,32	1,98	0,91	3,22	1,06	0,21	0,53	40,79	48,26
Surfaces d'habitation extra-urbaines												
0,50	0,32	0,10	0,17	0,19	0,48	0,17	0,09	0,00	0,00	0,00	1,30	2,95
0,75	0,45	0,20	0,21	0,20	0,62	0,20	0,15	0,07	0,00	0,04	2,50	4,19
0,95	0,62	0,43	0,42	0,4	0,92	0,34	0,3	0,15	0,04	0,12	4,2	7,98
Jardins familiaux/cultures maraîchères												
0,50	0,30	0,21	0,25	0,20	0,50	0,15	0,20	0,00	0,00	0,00	1,15	3,00
0,75	0,59	0,35	0,32	0,29	0,80	0,20	0,27	0,05	0,01	0,02	2,20	5,02
0,95	0,75	0,69	0,49	0,48	1,38	0,43	0,64	0,21	0,12	0,1	11,42	14,95
Surfaces de pâturage en dessous de 1'000 m												
0,50	0,20	0,06	0,10	0,15	0,40	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	2,30
0,75	0,30	0,15	0,20	0,20	0,60	0,20	0,13	0,00	0,00	0,00	2,96	4,50
0,95	0,5	0,25	0,3	0,3	2,16	0,4	0,4	0,27	0,01	0,15	29,74	35,37
Surfaces de pâturage en dessus de 1'000 m												
0,50	0,20	0,00	0,00	0,13	0,28	0,16	0,07	0,05	0,00	0,00	0,26	1,02
0,75	0,23	0,00	0,10	0,18	0,38	0,19	0,10	0,08	0,00	0,00	0,54	1,62
0,95	0,29	0,16	0,24	0,3	0,74	0,36	0,23	0,14	0,04	0,03	4,68	6,75
Surfaces industrielles et artisanales												
0,50	0,30	0,10	0,20	0,20	0,50	0,10			0,00	0,10	1,83	4,40
0,75	0,35	0,10	0,20	0,20	0,65	0,20			0,00	0,10	2,90	5,40
0,95	0,71	0,48	1,35	0,44	1,5	0,2			0,3	2,74	3,94	10,07
Utilisation de mousses extinctrices												
0,50	0,75	0,80	0,80	0,42	0,86	0,21	0,20	0,13	0,00	0,45	7,91	19,99
0,75	1,45	2,63	1,49	0,94	1,20	0,52	0,47	0,40	0,00	1,45	32,37	51,85
0,95	3,33	10,75	5,11	2,39	3,48	1,25	1,04	0,51	0,1	12,25	99,5	112,53
Cultures spéciales y.c. vignoble												
0,50	0,30	0,00	0,13	0,08	0,35	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,77	1,71
0,75	0,35	0,00	0,23	0,12	0,51	0,12	0,16	0,00	0,00	0,02	1,33	2,57
0,95	0,39	0,13	0,43	0,21	0,63	0,24	0,28	0,08	0,11	0,1	2,25	3,74
Espaces (verts) urbains												
0,50	0,40	0,16	0,21	0,22	0,50	0,18	0,08	0,00	0,01	0,01	1,95	3,84
0,75	0,50	0,20	0,24	0,23	0,60	0,25	0,20	0,02	0,03	0,04	3,80	4,46
0,95	0,57	0,43	0,44	0,34	1,03	0,3	0,26	0,1	0,07	0,36	11,27	15,24
Forêt												
0,50	0,50	0,00	0,20	0,16	0,50	0,20	0,12	0,09	0,00	0,00	0,81	2,47
0,75	0,60	0,10	0,26	0,20	0,61	0,30	0,19	0,14	0,03	0,03	1,20	3,59
0,95	0,9	0,3	0,46	0,41	1,11	0,42	0,33	0,3	0,09	0,1	2,81	7,45

3.4 Évaluation en fonction de la source présumée

Les boîtes à moustaches de la Figure 8 représentent la somme de tous les PFAS détectés pour chaque source présumée. Le nombre de sites agrégés pour chaque source présumée est : inconnu (408) ; boues d'épuration, remontées mécaniques (1) ; décharge (5) ; mousse extinctrice (24) ; boues d'épuration (30) ; industrie galvanique et chimique (4) ; industrie (3) ; sports d'hiver (4) ; UIOM (1). Les concentrations les plus élevées sont dues à l'utilisation présumée de mousses extinctrices et à l'épandage de boues d'épuration. On constate toutefois que tous les sites supposés liés à une utilisation de mousses extinctrices ou de boues d'épuration ne présentent pas obligatoirement des concentrations élevées. Cela peut s'expliquer d'une part par le fait que des échantillons ont également été prélevés sur des surfaces adjacentes à une zone contaminée afin de délimiter la propagation de la contamination. D'autre part, il se peut aussi que les mousses extinctrices utilisées ne contenaient pas de PFAS ou que les boues d'épuration épandues n'étaient pas contaminées par des PFAS.

Les médianes sont les suivantes : source inconnue : 2,0 µg/kg MS ; boues d'épuration, remontées mécaniques : 10,4 µg/kg MS ; décharge : 3,9 µg/kg MS ; mousse extinctrice : 20 µg/kg MS ; boues d'épuration : 14,3 µg/kg MS ; industrie galvanique et chimique : 7,2 µg/kg MS ; industrie : 3,00 µg/kg MS ; sports d'hiver : 5,3 µg/kg MS, UIOM : 3,6 µg/kg MS.

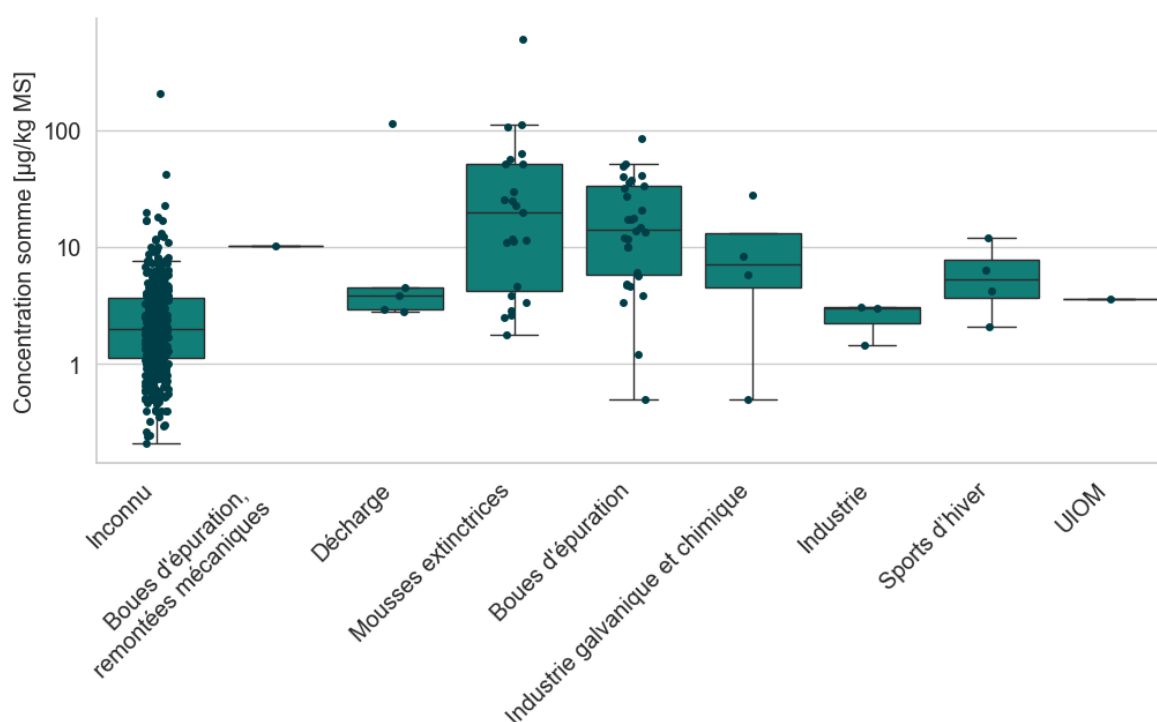


Figure 8 : Boîtes à moustaches pour la somme de tous les PFAS détectés, par source présumée. Les sites agrégés dont les concentrations totales étaient inférieures à la limite de détection n'ont pas été pris en compte (n=3).

3.5 Influence des boues d'épuration sur les terres arables

La somme des PFAS pour les terres arables et les surfaces de pâturage en dessous de 1'000 m pour lesquelles on suppose un apport antérieur de boues d'épuration est illustrée par les boîtes à moustaches de la Figure 9. Les surfaces liées à une autre source de contamination que les boues d'épuration ont été exclues. 27 des 263 surfaces ont probablement été fertilisées avec des boues d'épuration ; pour les 236 autres, on ne dispose d'aucune information concernant un éventuel épandage. Pour les sites agrégés qui ont été fertilisés avec des boues d'épuration, la médiane, le 75^e et le 95^e percentile pour la somme de tous les PFAS détectés sont respectivement de 10, 25 et 73 µg/kg MS. Pour les surfaces où on ne savait pas si des boues d'épuration avaient été épandues, la médiane, le 75^e et le 95^e percentile s'élevaient respectivement à 1,9 / 3,9 et 14 µg/kg MS.

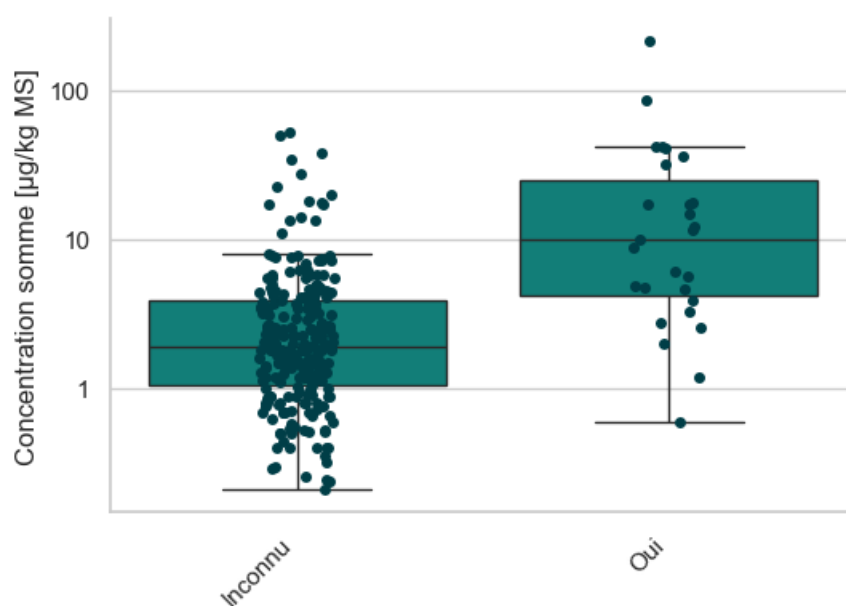


Figure 9 : Boîtes à moustaches pour la somme des PFAS détectés après épandage de boues d'épuration sur des terres arables et des surfaces de pâturage en dessous de 1'000 m. Inconnu = pas d'informations sur un éventuel épandage de boues d'épuration. Oui = boues d'épuration comme source présumée de PFAS. Les sites agrégés dont les concentrations totales étaient inférieures à la limite de détection n'ont pas été pris en compte (n=3).

3.6 Profils de composés PFAS individuels en fonction de l'utilisation du sol

La Figure 10 présente le profil de composés PFAS individuels pour les terres arables et les surfaces de pâturage (en dessous et en dessus de 1'000 m) avec apport de boues d'épuration. 11 composés PFAS individuels ont été pris en compte pour le profil de substances. Seuls les sites agrégés pour lesquels les 11 substances PFAS individuelles faisaient partie du programme de mesures ont été pris en compte. Il est frappant de constater que la proportion de PFOS est toujours supérieure à 60 % et peut même dépasser les 90 %. Le PFOA a également été détecté dans tous les échantillons avec des proportions variant entre 5 et 25 %. Les autres acides carboxyliques ont tous été détectés dans des proportions inférieures à 10 %. On n'a jamais détecté d'acides sulfoniques à chaîne courte de structure PFBS, et l'acide sulfonique PFHxS a été détecté seulement dans trois échantillons.

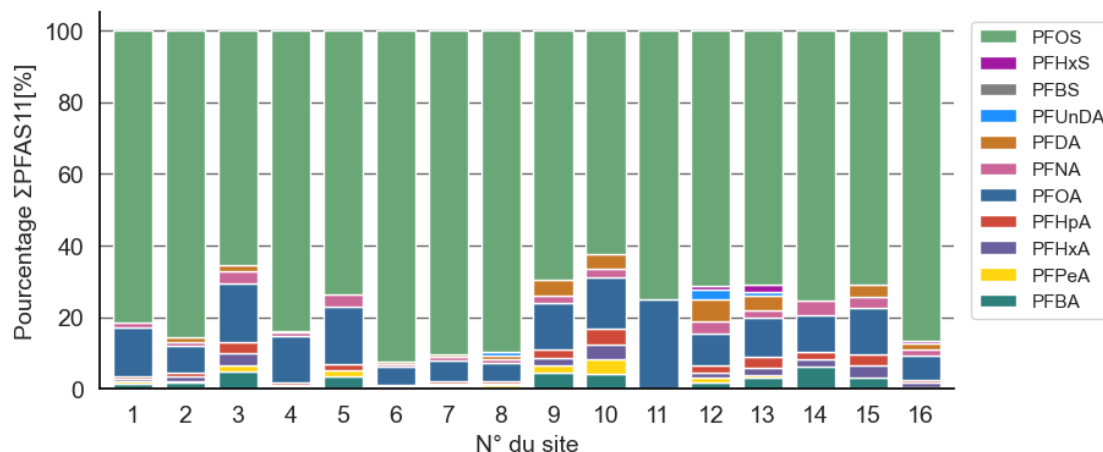


Figure 10 : Profils de composés PFAS individuels (11 PFAS) pour les terres arables et les surfaces de pâturage (en dessous et en dessus de 1'000 m) avec apport supposé de boues d'épuration.

La comparaison entre les profils de substances de ces sites et ceux des sites liés à une utilisation de mousses extinctrices fait apparaître plusieurs différences. Le PFOS reste la substance dominante pour les sites avec utilisation de mousse extinctrice ; leur proportion moyenne est toutefois inférieure (65 %) aux 77 % observés pour les surfaces exposées aux boues d'épuration. Si le PFOA est clairement le second polluant dominant après le PFOS dans le cas des boues d'épuration, il en va différemment pour les sites exposés aux mousses extinctrices, où d'autres substances ont aussi leur importance. Dans 9 sites sur 10, on a en effet détecté la présence de PFHxS qui peuvent y représenter jusqu'à 25 % de la somme des PFAS. On y a également détecté des acides carboxyliques à chaîne courte en proportions non négligeables, comme p. ex. le PFBA (jusqu'à 20 % de la somme) ou le PFPeA (jusqu'à 10 % de la somme).

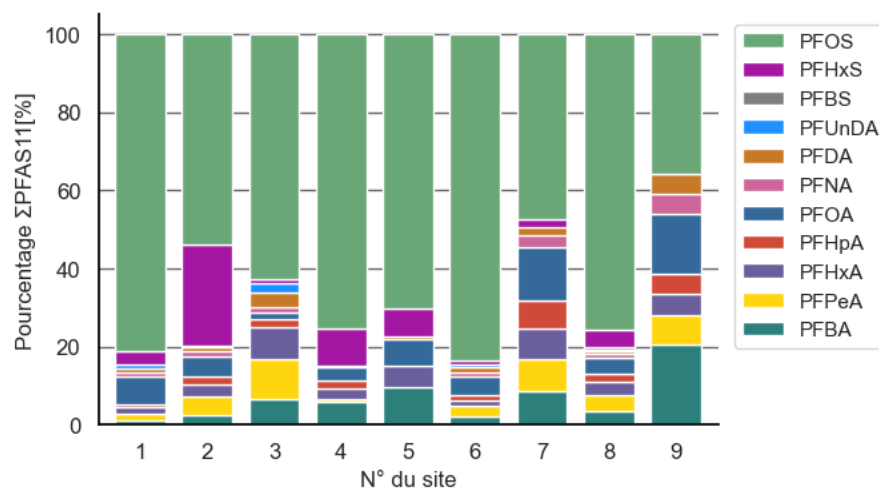


Figure 11 : Profils de composés PFAS individuels (11 PFAS) pour les surfaces avec utilisation présumée de mousses extinctrices.

Le profil de composés PFAS individuels pour la zone forêt sans source connue (Figure 12) présente une proportion de PFOS allant de 15 % à 50 %, donc encore plus faible que pour les sites avec épandage de boues d'épuration ou utilisation de mousses extinctrices. Le PFBA et le PFOA peuvent atteindre des pourcentages de 20 %, alors que les autres acides carboxyliques restent dans des proportions à un chiffre, avec un plafond à 10 %. Les acides sulfoniques PFBS et PFHxS n'ont été détectés que dans un seul échantillon, avec une proportion de 1 % chacun.

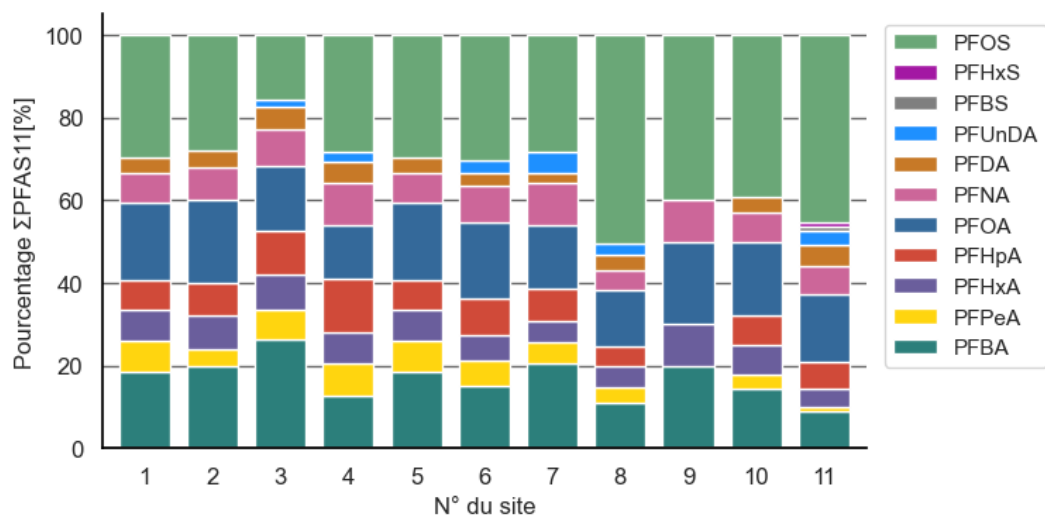


Figure 12 : Profils de composés PFAS individuels (11 PFAS) pour les zones de forêt, sans source connue.

En forêt, les apports de boues d'épuration, de mousses extinctrices et les autres sources ponctuelles de PFAS sont peu probables. On peut donc admettre que les profils présentés ci-dessus correspondent à des apports atmosphériques diffus (non spécifiques).

Dans les surfaces d'habitation extra-urbaines, le profil est plus diversifié (Figure 13). La proportion de PFOS se situe entre 30 % et 80 %. Les dix autres substances ont également été détectées, avec principalement du PFOA (5 à 15 %), suivi par des acides carboxyliques plus courts.

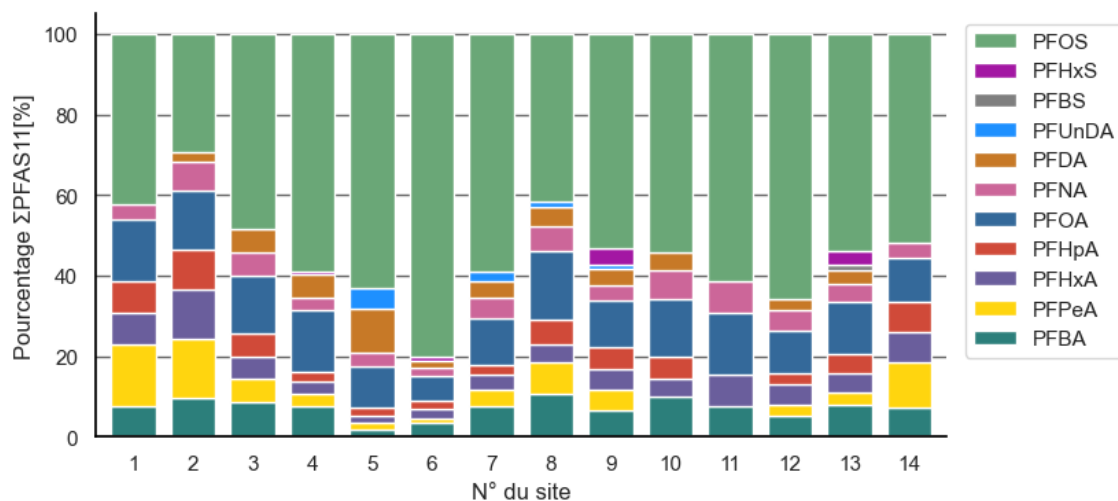


Figure 13 : Profils de composés PFAS individuels (11 PFAS) pour les surfaces d'habitation extra-urbaines, sans source connue.

En ce qui concerne les espaces verts urbains, seuls cinq sites comportaient la mesure des 11 PFAS dans leur programme d'analyse. On voit dans la Figure 14 que le PFOS (50 à 70 % de la concentration totale) domine aussi dans ces échantillons, suivi du PFOA (6 à 14 %) et du PFBA (4 à 11 %).

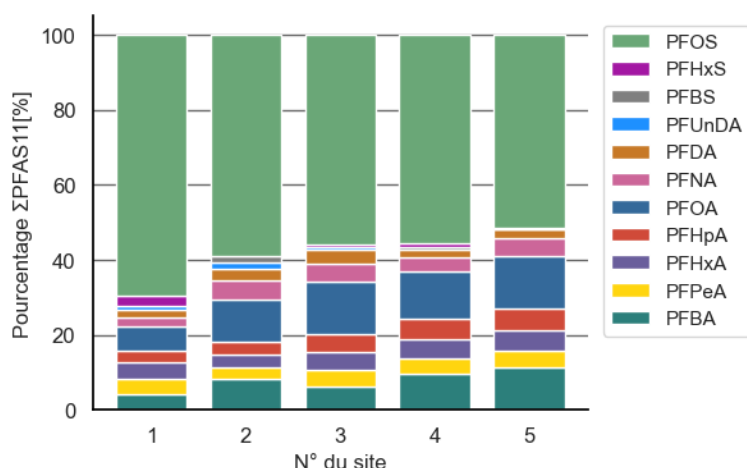


Figure 14 : Profils de composés PFAS individuels (11 PFAS) pour les espaces (verts) urbains sans source connue.

La Figure 15 montre le profil de composés PFAS individuels pour les terres arables et les surfaces de pâturage en dessous de 1'000 m d'altitude, sans source connue. Le PFOS arrive en tête pour les deux types d'utilisation, mais sa présence est en moyenne plus élevée dans les terres arables que dans les pâturages. Sa proportion varie entre 23 et 95 % pour les terres arables, et entre 17 et 80 % pour les pâturages. Dans les terres arables, le PFOS représente plus de la moitié de la concentration en PFAS11 pour 90 % des sites agrégés, contre seulement 30 % dans les sites de pâturage. On observe différents profils pour les sites agricoles (terres arables). Sur certains sites (n° 2, 3 et 4), les acides carboxyliques à chaîne courte représentent plus de 40 % de la somme des 11 PFAS, tandis que sur d'autres on observe une proportion accrue d'acides carboxyliques à chaîne longue comme le PFNA, le PFDA et le PFUnDA (n° 19 à 25 et n° 40). Les pâturages situés en dessous de 1'000 m présentent une proportion frappante de PFBA (médiane de 13 %), comme observé pour les forêts (médiane de 19 %). Les sites forestiers ont néanmoins tendance à présenter des proportions de PFOS plus faibles (médiane de 30 %).

Des PFNA ont été détectés dans 40 des 42 sites de pâturage situés en dessous de 1'000 m, avec une proportion de 1-12 %. Pour les deux types d'utilisation, on n'a jamais mesuré d'acides sulfoniques à chaîne courte (PFBS) ou seulement de manière isolée (PFHxS).

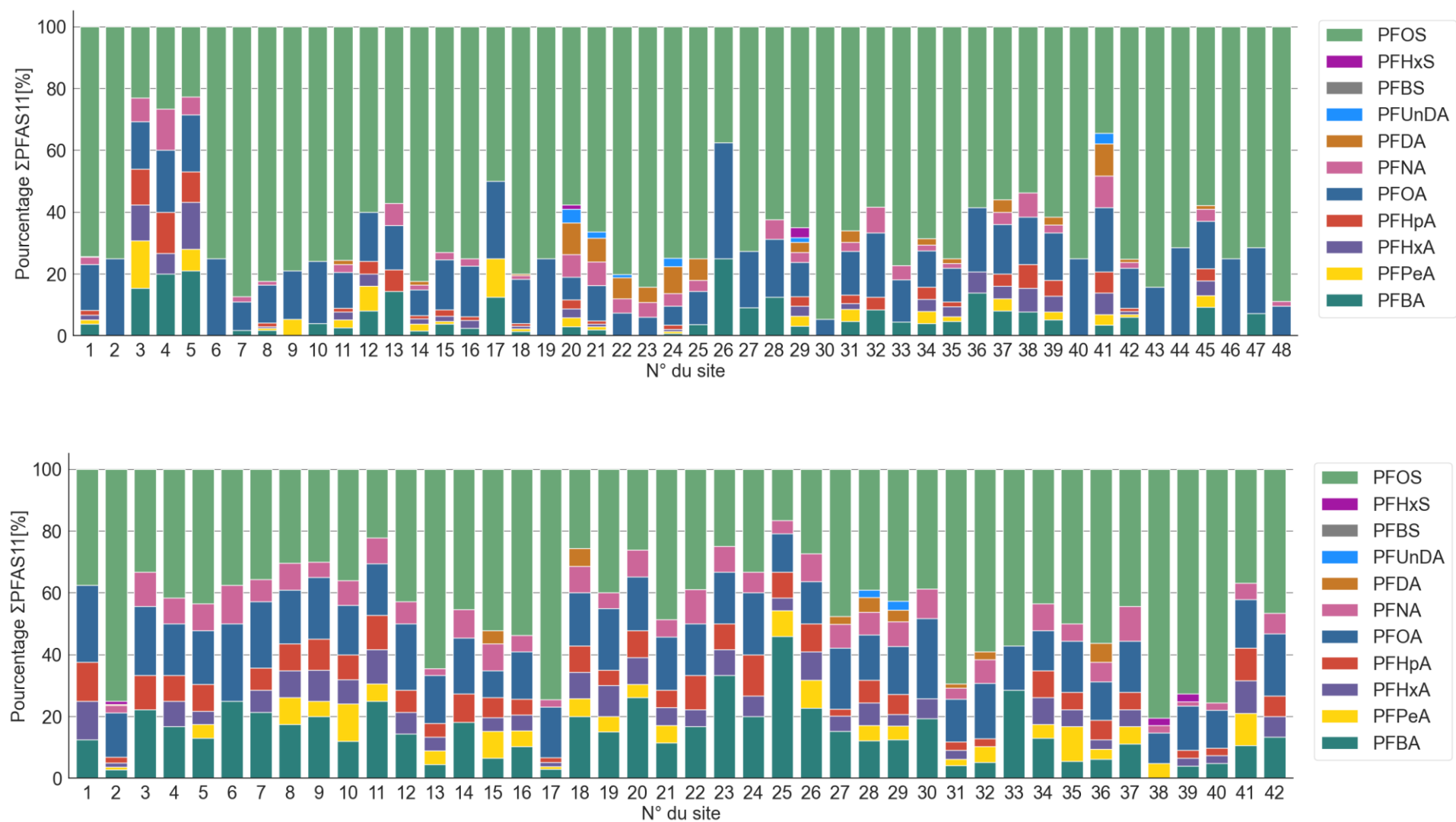


Figure 15 : Profils de composés PFAS individuels (11 PFAS) pour les surfaces arables (en haut) et de pâturage en dessous de 1'000 m (en bas), sans source connue.

3.7 Concentrations dans la couche inférieure du sol

Pour comparer les concentrations mesurées dans la couche inférieure du sol avec celles de la couche superficielle, on a utilisé les données non agrégées. 126 des 1'070 points de prélèvement disposent aussi de mesures pour la couche inférieure du sol. Parmi ceux-ci, 113 points disposent de valeurs de mesure pour les profondeurs 0 - 20 cm et 20 - 40 cm. La Figure 16 permet de comparer les concentrations des PFAS totaux détectés dans la couche 20 - 40 cm avec celles mesurées dans la couche superficielle du sol (0 - 20 cm). Les sources présumées sont indiquées pour chaque point de prélèvement. Les points de prélèvement précédés d'un « A » sont des terres arables.

Pour la majorité des échantillons, les concentrations sont plus élevées dans la couche supérieure du sol que dans les couches plus profondes. Cette différence est parfois très nette. Il existe toutefois des points de prélèvement où la concentration est identique dans les deux couches, voire plus élevée dans la couche inférieure que dans la couche superficielle, comme on peut l'observer pour certains sites où l'on suspecte une utilisation de mousses extinctrices ou un apport de boues d'épuration, ainsi que certains sites de l'industrie galvanique et chimique. Comme illustré dans le Tableau 5, la médiane pour les sites représentés ci-dessous est de 5,9 µg/kg MS pour la couche superficielle 0 - 20 cm et de 3,3 µg/kg MS pour les couches plus profondes. Les autres quantiles et la moyenne sont eux aussi plus bas pour les couches plus profondes.

Tableau 5 : Statistiques descriptives pour les 113 points de prélèvement disposant de valeurs de mesure pour les couches 0 - 20 cm et 20 - 40 cm. Les valeurs indiquées correspondent à la somme de tous les PFAS détectés en [µg/kg MS].

	0 – 20 cm	20 – 40 cm
Moyenne	17,94	13,95
Médiane	5,90	3,30
75^e percentile	15,30	10,60
95^e percentile	86,22	61,41

En certains points de prélèvement, la concentration en PFAS a également été mesurée dans les couches de sol plus profondes (Figure 17). La concentration diminue avec la profondeur pour de nombreux sites. Pour certains sites (pâturages ou surfaces arables exposées à des boues d'épuration), on peut encore détecter des PFAS à plus de 80 cm de profondeur, parfois même à des concentrations dépassant 10 µg/kg MS.

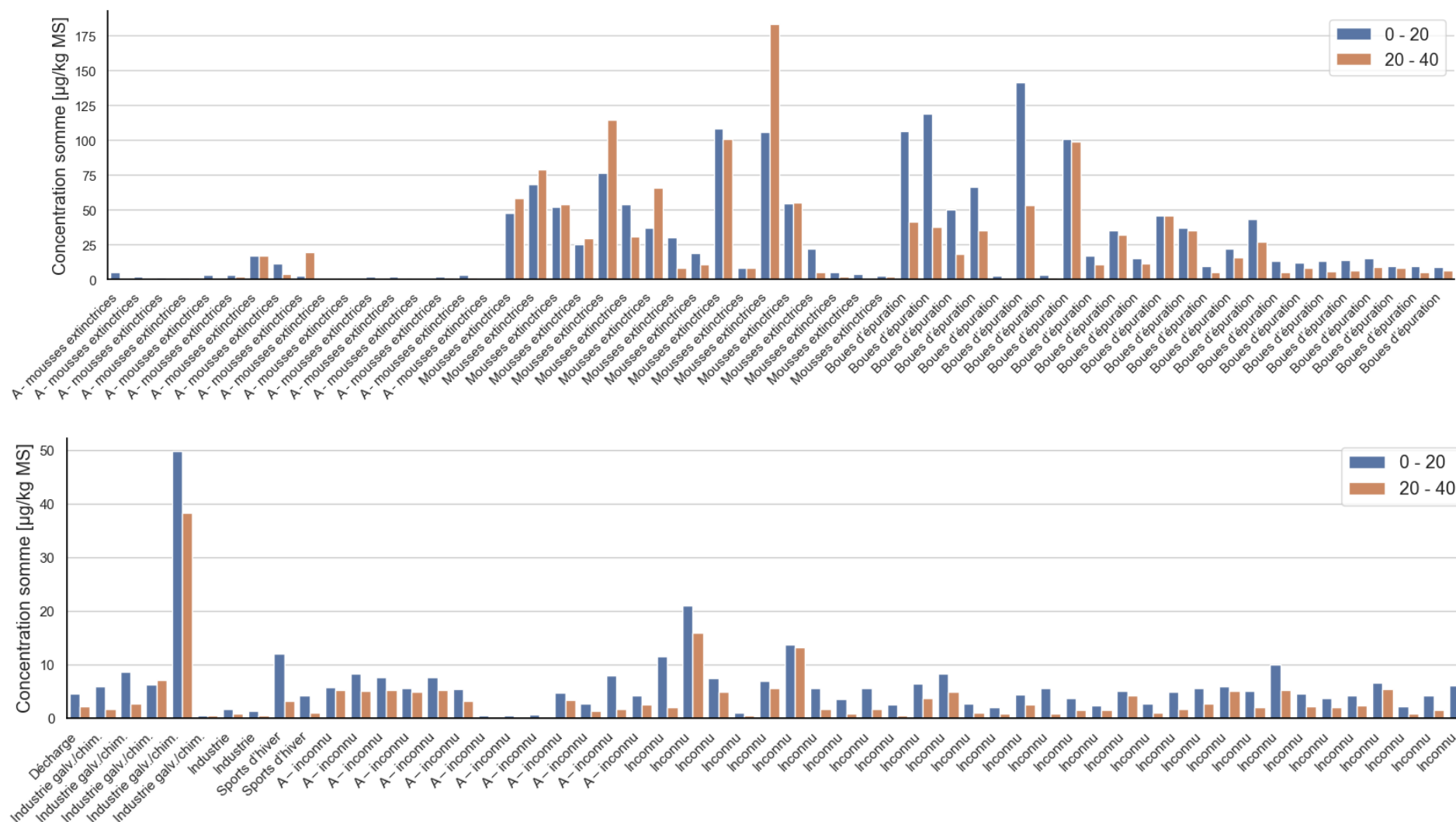


Figure 16 : Somme des concentrations (tous les PFAS détectés) dans le sol aux points de prélèvement disposant de mesures dans la couche superficielle du sol (0 - 20 cm) et à 20 - 40 cm de profondeur. Les sources présumées sont indiquées pour chaque point de prélèvement. Les points de prélèvement dont la source est précédée d'un « A » sont des terres arables.

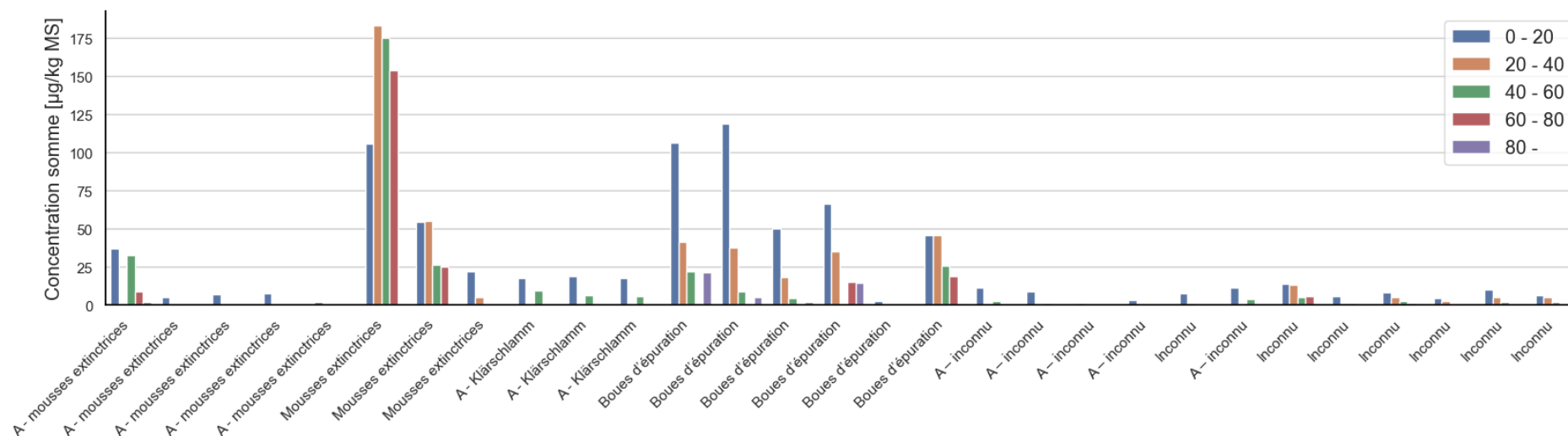


Figure 17 : Somme des concentrations (tous les PFAS détectés) aux points de prélèvement disposant aussi de mesures dans les couches plus profondes du sol. Les couches de sol ont été classées par catégories : 0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, 60 - 80 cm et plus de 80 cm de profondeur. Les profondeurs réelles peuvent toutefois différer de ces valeurs. Les sources présumées sont indiquées pour chaque point de prélèvement. Les sites dont la source est précédée d'un « A » sont des terres arables.

4 Discussion

Les données utilisées dans ce rapport regroupent les mesures effectuées par 15 cantons en plus de 1'000 points de prélèvement, ainsi que les données d'une étude menée à l'échelle nationale (Thalmann et al., 2022). Le présent rapport constitue ainsi l'analyse la plus complète à ce jour des concentrations en PFAS dans les sols suisses. La majorité des données ont été collectées au cours des cinq dernières années ; on peut donc considérer que le rapport reflète les concentrations actuelles. Il montre également que les PFAS ont fait l'objet d'une attention croissante de la part des autorités cantonales ces dernières années. Il est fort probable que le nombre de prélèvements et de mesures augmentera dans les années à venir.

Une analyse des substances PFAS individuelles mesurées montre que les campagnes de mesure se sont particulièrement concentrées sur les acides carboxyliques et sulfoniques perfluorés. Cela n'est pas étonnant car il s'agit là des mesures recommandées pour le programme de mesures de base.^{2, 3, 4} Il est recommandé d'analyser d'autres substances si l'on suspecte concrètement la présence d'autres PFAS significatifs, p. ex. dans le cas de sols contaminés par des mousses extinctrices. En règle générale, les composés dont l'analyse est recommandée par le programme de base sont également ceux qui ont été le plus fréquemment détectés. D'autres composés, dont l'analyse n'était jusqu'à présent pas explicitement recommandée, ont toutefois été régulièrement détectés ; il s'agit en particulier du PFDA et du PFUnDA, détectés dans respectivement 51 % et 29 % des cas. Par ailleurs, l'Et-FOSAA, le (P)FOSA, le PFDoDA, le PFTrDA, le PFNS et le PFHpS ont souvent été détectés avec des fréquences comprises entre 5 et 15 %. Il pourrait donc être profitable d'étendre les programmes d'analyse de base actuellement recommandés aux substances susmentionnées. Les derniers résultats des mesures effectuées dans les stations d'épuration suisses indiquent qu'il pourrait être judicieux d'analyser le CDPOS (également connu sous le nom de 6:2 FTAB) et le 5:3 FTCA dans le sol, car ces composés dominaient, avec le PFOS, dans les profils des boues d'épuration.

Il n'est pas étonnant que les caractéristiques relatives aux concentrations de PFAS soient plus élevées dans cette étude que dans celle de Thalmann et al. (2022). L'étude de Thalmann et al. avait pour objectif de fournir un aperçu de la pollution de fond des sols suisses. Elle a donc prélevé des échantillons dans des sites aussi variés que possible et dans des sols qui n'étaient pas spécifiquement pollués. Elle n'a donc pas intégré de mesures provenant de sites liés à des sources (ponctuelles) connues (à l'exception de surfaces fertilisées avec des boues d'épuration). Certaines campagnes de mesure cantonales ont quant à elles justement été réalisées car on soupçonnait une présence de PFAS. Parmi tous les sites étudiés, la présence potentielle d'une source a été spécifiée pour seulement 15% de tous ces sites. La médiane de Thalmann et al. (2022) était de 1,4 µg/kg MS, contre 2,4 µg/kg MS pour l'étude actuelle.

Le 95^e percentile se situait à 5,0 µg/kg MS dans Thalmann et al. (2022), contre 23,2 µg/kg MS dans l'étude actuelle. On admet que la contamination moyenne des sols suisses par les PFAS se situe entre les valeurs de ces deux études.

² Note relative à la détermination d'une valeur de concentration pour la somme des PFAS pondérée en fonction de la toxicité selon l'annexe 1 OSites, version du 22.04.2024

³ Note relative à la détermination d'une valeur de concentration selon OLED pour la somme des PFAS en tant que valeur limite pour le dépôt de déchets, version du 20.8.2024

⁴ Basilius Thalmann et Elvira Rudin. Wissenschaftliche Empfehlungen für die Untersuchung von PFAS in Böden sowie darauf produzierten Lebensmitteln (« Recommandations scientifiques pour l'investigation des PFAS dans les sols et les denrées alimentaires qui y sont produites »), 18.07.2024

Pour vérifier l'applicabilité des valeurs limites pour les PFAS, on s'est jusqu'à présent appuyé sur les données de l'étude de Thalmann et al. (2022), comme par exemple pour déterminer les valeurs limites OLED pour la gestion des sols décapés (Hahn, 2024). Afin d'évaluer l'effet des futures valeurs limites pour les PFAS, il semble donc judicieux de réexaminer leur applicabilité à l'aide des données recueillies dans le cadre de cette étude.

Sur toutes les substances détectées, c'est généralement le PFOS qui est retrouvé en plus grande concentration. Ainsi, la médiane du PFOS dépasse celle des autres substances pour tous les types d'utilisation. Le PFOS et ses précurseurs sont interdits en Suisse depuis 2011 (ORRChim ; RS 814.81). On peut donc considérer que les émissions de PFOS dans l'environnement ont en grande partie cessé. Il en va de même pour les autres acides sulfoniques et carboxyliques perfluorés à longue chaîne. Les concentrations de ces PFAS peuvent toutefois encore augmenter ponctuellement, par exemple lorsque le sol est contaminé par des précurseurs. D'autres composés peuvent encore parvenir dans l'environnement et les concentrations de PFAS dans le sol pourraient continuer à augmenter à l'avenir.

L'ensemble de données comprend des sites avec différents types d'utilisation. Plus de 50 des sites analysés sont situés dans des zones d'habitation. Ce rapport, associé au rapport récemment publié par la Direction des travaux publics du canton de Zurich (2025), élargit ainsi les connaissances sur les concentrations de PFAS dans les zones urbaines. Les sites qui présentent les concentrations les plus élevées sont ceux où l'on suspecte une utilisation de mousses extinctrices. Il s'agit généralement de terrains d'entraînement pour les pompiers ou de sites d'incendie. On s'attendait bien sûr à y retrouver des concentrations élevées, car les mousses extinctrices contenaient souvent des PFAS et en contiennent toujours encore dans certains cas (OFEV, 2024). 24 sites associés à une source (présumée) de mousses extinctrices ont été enregistrés dans l'ensemble de données. En certains endroits, des échantillons ont aussi été prélevés sur les surfaces situées autour du lieu d'utilisation effectif des mousses extinctrices. L'étude associe également ces surfaces avoisinantes à une utilisation présumée de mousses extinctrices ; elles présentent toutefois des concentrations plus faibles (selon leur distance par rapport à la source directe) que les surfaces où la mousse extinctrice a été pulvérisée directement. Cette fourchette de concentrations est illustrée à la Figure 7.

30 sites sont associés à un épandage de boues d'épuration (source présumée). Ces surfaces ont une médiane plus élevée que celles sans source connue. Un épandage antérieur de boues d'épuration n'implique toutefois pas nécessairement des concentrations élevées en PFAS. En effet, les recherches ont sans doute porté sur des sources spécifiques lorsque les concentrations étaient élevées. Et il existe également des surfaces associées à un épandage de boues mais où les concentrations sont faibles, ainsi que des surfaces arables sans épandage connu où les concentrations sont élevées. L'épandage de boues d'épuration dans les champs était pratique courante avant le début du millénaire, mais cela est interdit depuis 2006.⁵ De plus, le profil PFAS peut varier considérablement en fonction du bassin versant de la station d'épuration, comme le montre une étude menée dans le canton de Saint-Gall (Wüthrich et al., 2022). L'influence des boues d'épuration sur la pollution par les PFAS est une question très complexe et nécessite des investigations supplémentaires.

À part l'utilisation de mousses extinctrices et l'épandage de boues d'épuration, on dispose de très peu d'informations sur les sources de PFAS. 408 des 480 sites agrégés étaient sans source connue. Seuls cinq sites, voire moins, sont associés à d'autres sources (p. ex. UIOM, décharges

⁵ <https://www.news.admin.ch/fr/nsb?id=8416>

ou sports d'hiver). Il existe également des sites présentant une pollution élevée mais pour lesquels aucune source n'a été identifiée. Afin de faciliter l'identification future des sites pollués par des PFAS, il serait judicieux de déterminer les sources potentielles de PFAS à l'origine des contaminations. Ce suivi est difficile à réaliser car les sources de PFAS peuvent être très diverses.

L'identification des profils de substances individuelles peut aider à mieux cerner les sources de PFAS. On a observé qu'il existait des profils typiques pour l'épandage de boues d'épuration, les mousses extinctrices et les sites sans source directe (sites forestiers). On a souvent observé une prédominance du PFOS, suivi du PFOA, dans les zones où des boues d'épuration avaient été épandues. L'apport de mousses extinctrices, par contre, se caractérise aussi par la présence d'autres acides sulfoniques comme le PFBS ou le PFHxS. Dans les sites forestiers où les polluants parviennent principalement par voie atmosphérique, la proportion de PFOS est plus faible et on y détecte différents acides carboxyliques en proportions équivalentes.

Pour les échantillons prélevés entre 20 et 40 cm de profondeur, la médiane se situe à 3,3 µg/kg MS. Si on observe les profils de profondeur, on constate que les concentrations diminuent avec la profondeur, à quelques exceptions près qui pourraient s'expliquer par une modification du terrain, des déplacements de terre ou un mélange des couches de sol.

5 Références

OFEV. (11 décembre 2024). *Les PFAS, qu'est-ce que c'est?*

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/produits-chimiques/dossiers/pfas-per-und-polyfluorierte-alkylverbindungen.html>

Hahn, B. (2024). *Solutions possibles pour la gestion des sites pollués par des PFAS— Rapport sur les résultats des groupes de travail sur les sites pollués et les déchets OFEV-cantons 2022/2023.*

Kanton Zürich Baudirektion. (2025). *PFAS-Gehalte in Böden im Siedlungsgebiet und um Punktquellen im Kanton Zürich.*

Thalmann, B., Hofer, C., Wächter, D., & Kulli, B. (2022). Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Schweizer Böden. *Altlasten Spektrum*, 6, 176–179.

Wüthrich, J., Achermann, S., Leib, V., & Junghans, M. (2022). PFAS-Belastung im Kanton St.

Gallen. *Aqua&Gas*, 12. https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--wasserwissen/pfas-eine-problematische-stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_download.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20GAS%20Ndeg12%202022.pdf

6 Annexe A

6.1 Demande de données

En mars 2025, les 26 services cantonaux responsables des sols en Suisse ont reçu un courriel leur demandant de mettre à disposition du projet les données de concentration en PFAS qu'ils avaient mesurées dans le sol. Outre les concentrations des substances individuelles, l'étude a collecté des paramètres tels que la commune, le type d'utilisation du sol, la source présumée, les apports connus de boues d'épuration, la surface de la zone contaminée, le laboratoire de mesure, la profondeur de prélèvement, le pH et la teneur en TOC. Il était possible de sélectionner des catégories pour le type d'utilisation et les sources présumées, et tous les autres champs étaient libres.

La demande portait sur les concentrations de 46 substances PFAS individuelles. Les noms des substances, les numéros d'enregistrement du Chemical Abstract Service® (CAS RN®), les abréviations utilisées dans le présent rapport et les limites de détection sont indiqués dans le Tableau A1.

6.2 Analyse des données

L'analyse des données a été réalisée à l'aide d'Excel et de Python. L'évaluation a pris en compte les données de tous les laboratoires de mesure. Les valeurs mesurées inférieures à la limite de détection (no detects – ND) ont été remplacées par la valeur 0. Une approche statistique telle que la méthode «Regression on Order Statistics» n'a pas été retenue, car les groupes de travail sur les sites pollués et les déchets OFEV-cantons (Hahn, 2024) ainsi que la pratique courante des services cantonaux responsables de la protection des sols recommandent d'utiliser la valeur 0 pour les ND. Les ND ont toutefois été exclus de l'ensemble de données pour représenter les boîtes à moustaches, ceci afin de mieux illustrer la distribution.

Les échantillons ont été analysés séparément en fonction de leur profondeur de prélèvement («couche superficielle» entre 0 et 20 cm et «sous-sol» pour les couches plus profondes), indépendamment de leur caractérisation pédologique. Le sous-sol a été subdivisé en couches de 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, 60 - 80 cm et > 80 cm de profondeur. Cette répartition correspond en grande partie aux profondeurs réelles de prélèvement, dont l'écart maximal par rapport aux profondeurs indiquées ne devait pas excéder 10 cm pour la couche superficielle et 5 cm pour la couche inférieure du sol. Un échantillon prélevé entre 0 et 30 cm de profondeur était donc inclus dans la couche superficielle, alors qu'un échantillon prélevé entre 0 et 40 cm était exclu de l'analyse. Pour des raisons pratiques, les échantillons ne comportant pas d'indication sur la profondeur de prélèvement ont été classés dans la couche superficielle.

Pour évaluer les données, on a généralement utilisé la médiane, le 75^e et le 95^e percentile. La médiane est moins sensible que la moyenne aux valeurs aberrantes ou aux erreurs de mesure. Pour déterminer les concentrations des sites agrégés, on a utilisé la moyenne, partant du principe qu'il s'agissait du même site fonctionnel avec une répartition des données suivant la loi normale.

Tableau A1 : Noms des substances, CAS RN®, abréviation et limite de détection pour les 46 substances PFAS individuelles pour lesquelles des données ont été demandées dans le cadre du projet.

Nom de la substance	CAS RN®	Abréviation	Limite de détection [µg/kg]
4:2 acide fluorotélomère sulfonique	757124-72-4	4:2 FTS	0,1
6:2 acide fluorotélomère sulfonique	27619-97-2	6:2 FTS	0,1
8:2 acide fluorotélomère sulfonique	39108-34-4	8:2 FTS	0,1
10:2 acide fluorotélomère sulfonique	120226-60-0	10:2 FTS	0,1
Acide perfluorobutanoïque	375-22-4	PFBA	0,1
Acide perfluoropentanoïque	2706-90-3	PFPeA	0,1
Acide perfluorohexanoïque	307-24-4	PFHxA	0,1
Acide perfluoroheptanoïque	375-85-9	PFHpA	0,1
Acide perfluorooctanoïque	335-67-1	PFOA	0,1
Acide perfluorononanoïque	375-95-1	PFNA	0,1
Acide perfluorodécanoïque	335-76-2	PFDA	0,1
Acide perfluoroundécanoïque	2058-94-8	PFUnDA	0,1
Acide perfluorododécanoïque	307-55-1	PFDoDA	0,1
Acide perfluorotridécanoïque	72629-94-8	PFTTrDA	0,1
Acide perfluorotétradécanoïque	376-06-7	PFTeDA	0,1
Acide perfluorobutane sulfonique	375-73-5	PFBS	0,1
Acide perfluoropentane sulfonique	2706-91-4	PFPeS	0,1
Acide perfluorohexane sulfonique	355-46-4	PFHxS	0,1
Acide perfluoroheptane sulfonique	375-92-8	PFHpS	0,1
Acide perfluorooctane sulfonique	1763-23-1	PFOS	0,1
Acide perfluorononane sulfonique	474511-07-4	PFNS	0,1
Acide perfluorodécane sulfonique	335-77-3	PFDS	0,1
Acide perfluoroundécane sulfonique	749786-16-1	PFUnDS	0,1
Acide perfluorododécane sulfonique	79780-39-5	PFDoDS	0,1
Acide perfluorotridécane sulfonique	791563-89-8	PFTTrDS	0,1
Acide N-méthylperfluorooctane sulfonamidoacétique	2355-31-9	MeFOSAA	0,1
Acide N-éthylperfluorooctane sulfonamidoacétique	2991-50-6	EtFOSAA	0,1
Perfluorooctanesulfonamide	754-91-6	(P)FOSA	0,1
Acide 2,3,3,3-tétrafluoro-2-(1,1,2,2,3,3,3-heptafluoropropoxy)propanoïque	13252-13-6	GenX	0,1 ou 1
Acide 2,2,3-trifluoro-3-[1,1,2,2,3,3,3-hexafluoro-3-(trifluoromethoxy)propoxy]propanoïque, sel d'ammonium (1:1)	958445-44-8	(A)DONA	0,1 ou 1
5:3 acide fluorotélomère carboxylique	914637-49-3	5:3 FTCA	0,1
6:2 acide fluorotélomère carboxylique non saturé	161094-75-3	6:2 FTUCA	0,1
8:2 acide fluorotélomère carboxylique non saturé	70887-84-2	8:2-FTUCA	0,1 ou 1
7:3 acide fluorotélomère carboxylique	812-70-4	7:3 FTCA	0,1

Nom de la substance	CAS RN®	Abréviation	Limite de détection [µg/kg]
N-éthyl-perfluorooctane sulfonamide	4151-50-2	EtFOSA	0,1
N-méthyl-perfluorooctane sulfonamide	31506-32-8	MeFOSA	0,1
Acide 2-[(6-chloro-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-dodécafluorohexyl)oxy]-1,1,2,2-tétrafluoroéthanesulfonique (9Cl, ACI)	756426-58-1	9Cl-PF3ONS	0,1
Acide 2-[(8-chloro-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8-hexadécafluorooctyl)oxy]-1,1,2,2-tétrafluoroéthanesulfonique (9Cl, ACI)	763051-92-9	11Cl-PF3OUdS	0,1
Acide 2,2-difluoro-2-[1,1,2,2-tétrafluoro-2-(trifluorométhoxy)éthoxy]acétique- (ACI)	151772-58-6	NFDHA	0,1
Acide 1,1,2,2-tétrafluoro-2-(1,1,2,2,2-pentafluoroéthoxy)éthanesulfonique- (ACI)	113507-82-7	PFEESA	0,1
Acide 2,2,3,3-tétrafluoro-3-(trifluorométhoxy)propanoïque- (9Cl, ACI)	377-73-1	PFMPA	0,1
Acide 2,2,3,3,4,4-hexafluoro-4-(trifluorométhoxy)butanoïque- (9Cl, ACI)	863090-89-5	PFMBA	0,1
Sel de lithium de bis(trifluorométhane)sulfonimide	90076-65-6	HQ-115	0,1
N-[3-(diméthylxidoamino)propyl]-3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridécafluoro-1-octanesulfonamide- (9Cl, ACI)	80475-32-7	DPOSA (Capstone A)	1
6:2-fluorotélomère sulfonamide alkyl-bétaïne	34455-29-3	CDPOS (Capstone B)	1

7 Annexe B

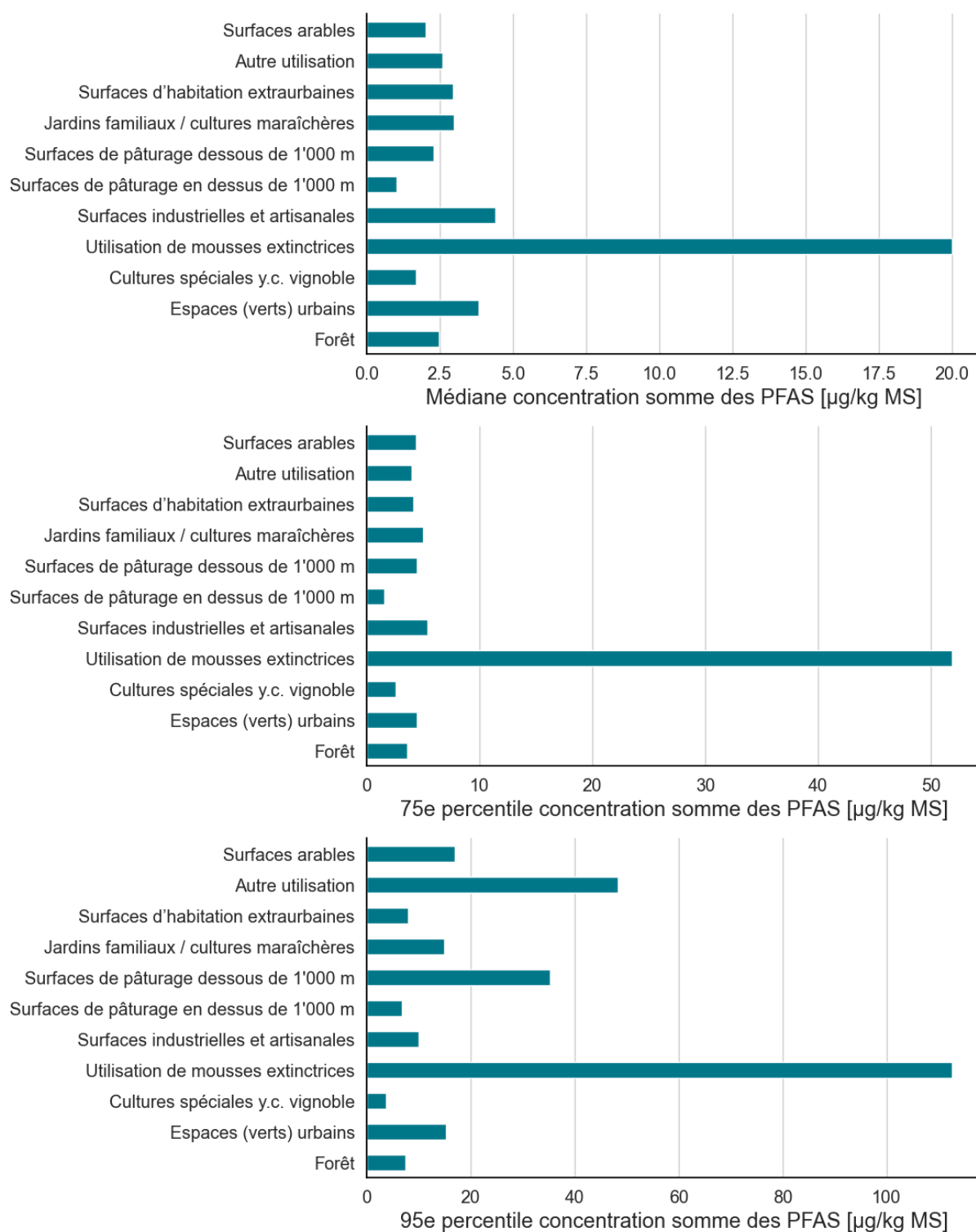
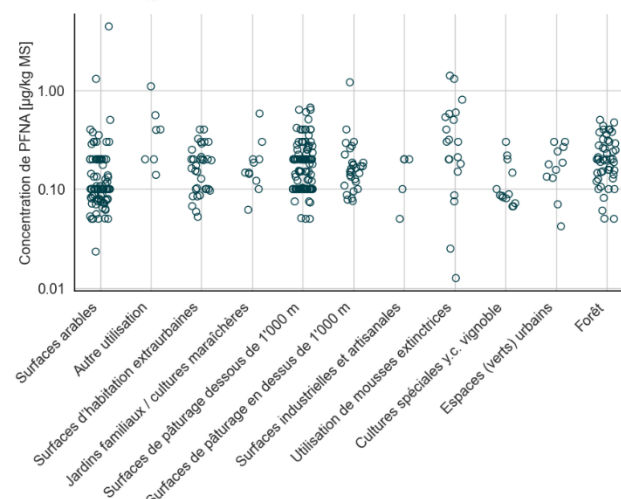
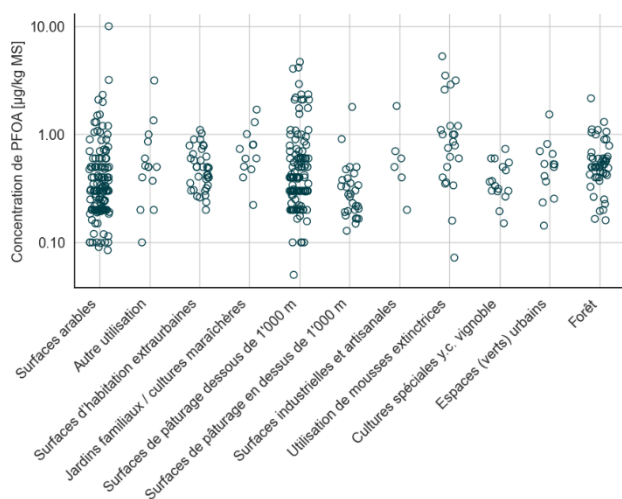
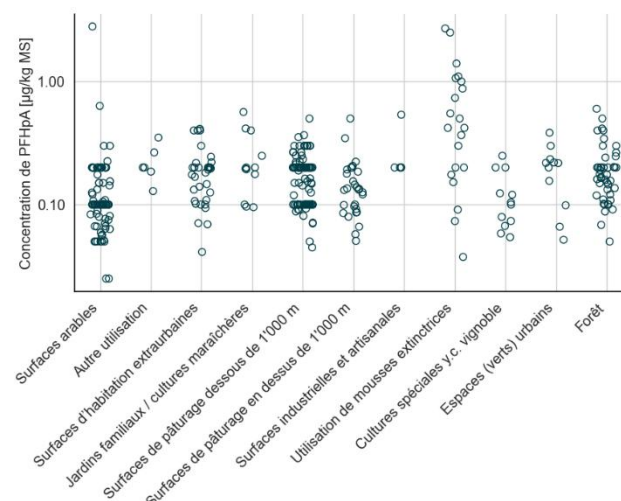
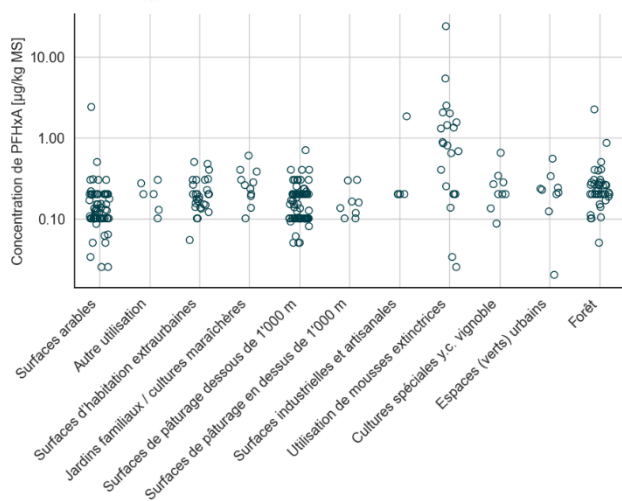
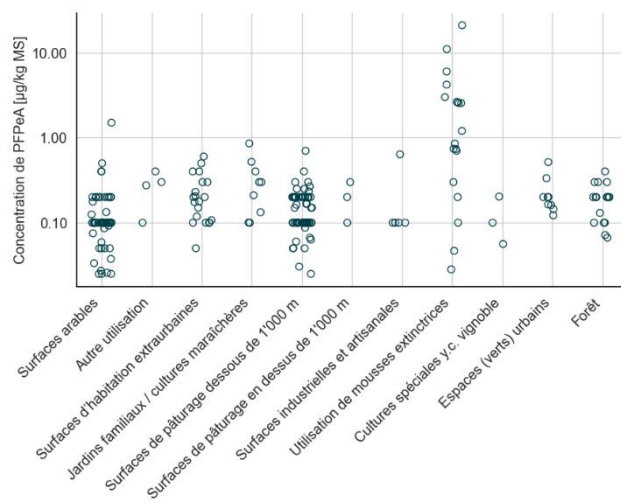
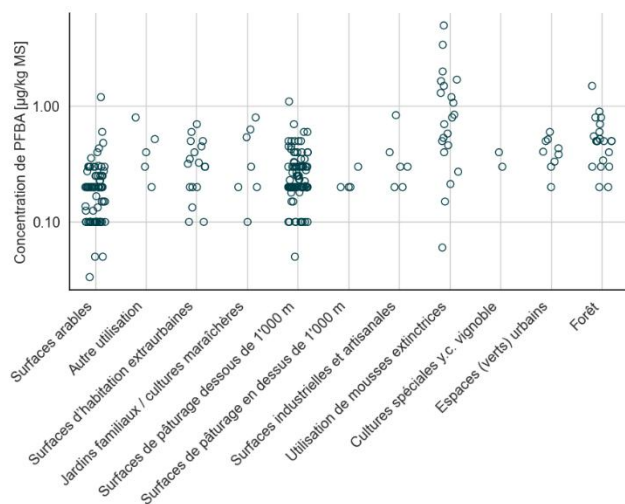


Figure B1 : Somme des PFAS détectés en fonction de l'utilisation des sols, pour chaque site agrégé [$\mu\text{g/kg MS}$]. A) Médiane, B) 75^e percentile, C) 95^e percentile.



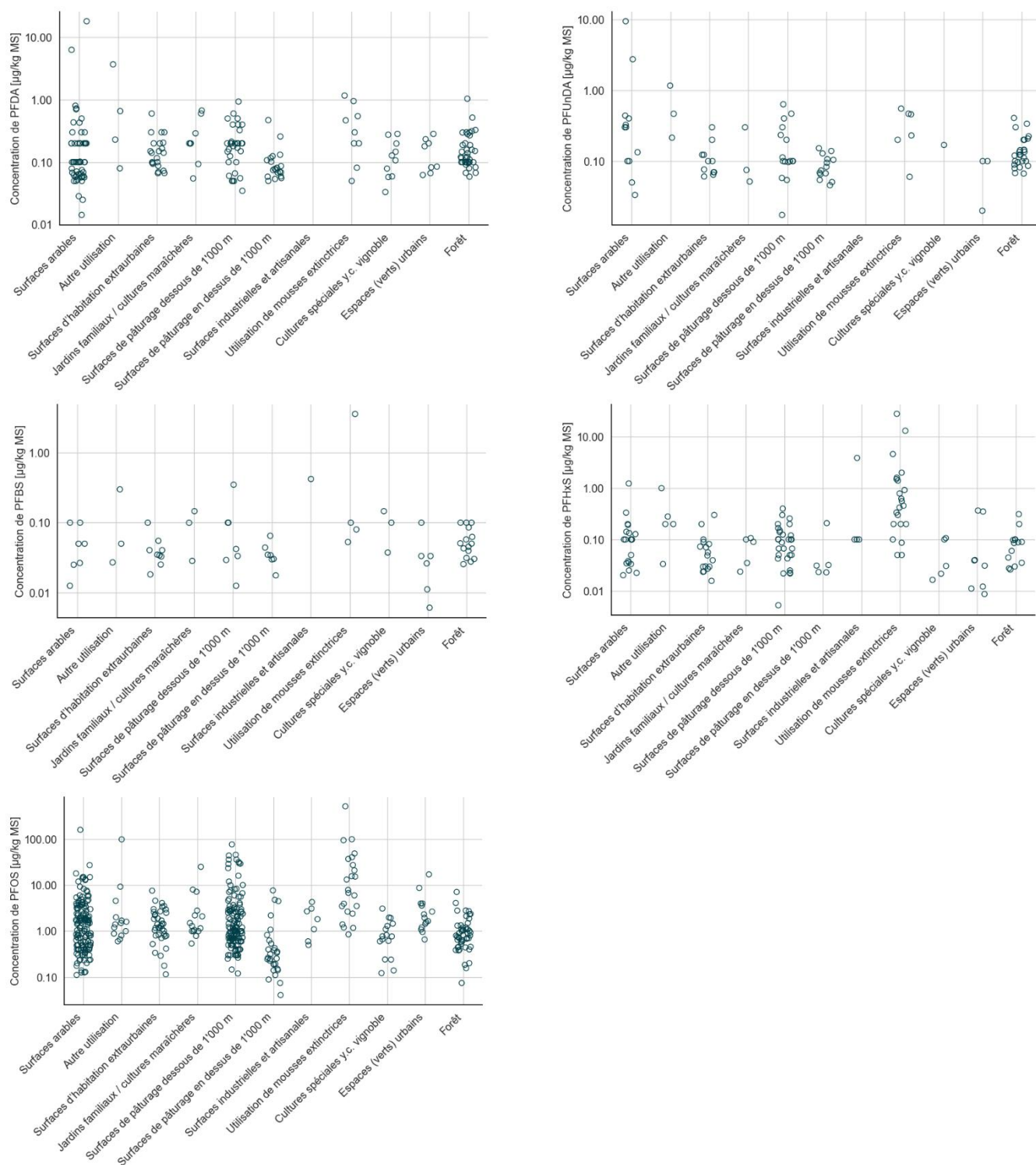


Figure B2 : Concentrations de PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFBS, PFHxS et PFOS en fonction de l'utilisation des sols, pour chaque site agrégé [µg/kg MS]. Les points de mesure présentant des concentrations inférieures à la limite de détection n'ont pas été pris en compte.