

# Investigation de la qualité des sols dans les zones d'habitation – Campagne d'analyses 2018

---

## Synthèse des résultats

Janvier 2021



ETAT DE FRIBOURG  
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn  
Amt für Umwelt AfU

---

Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions **DAEC**  
Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion **RUBD**

---

# Impressum

---

## Edition

---

Service de l'environnement SEn – Août 2020

## Responsable de projet

---

Thilo Dürr-Auster

## Photo de couverture

---

SEn

## Remerciements

---

Nous tenons à remercier tous les propriétaires ayant participé à cette étude.

Cette publication n'existe que sous forme électronique. Elle est également disponible en allemand.

## Renseignements

---

### Service de l'environnement SEn

Section EIE, sol et sécurité des installations

Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez

T +26 305 37 60, F +26 305 10 02

[sen@fr.ch](mailto:sen@fr.ch), [www.fr.ch/sol](http://www.fr.ch/sol)

---

# Table des matières

---

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>Conclusions et perspectives</b>	<b>13</b>
1.1	La surveillance : une obligation légale	5	4.1	Dépassements fréquents de valeurs indicatives de l'OSol	13
1.2	Situation initiale	5	4.2	Perspectives	13
1.3	Objectifs de la campagne	6	4.2.1	Une cartographie pour prévenir la dissémination de matériaux terreux pollués	13
			4.2.2	Une solution nationale pour les risques sanitaires liés aux sols pollués	14
<b>2</b>	<b>Déroulement de la campagne</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>Références</b>	<b>15</b>
2.1	Sélection des sites d'analyse	7	A1	Tableau des résultats d'analyses de laboratoire	16
2.2	Nature des sites investigués	8	A2	Tests méthodologiques pour la méthode XRF	17
2.3	Prélèvements et analyses en bref	8			
<b>3</b>	<b>Résultats</b>	<b>9</b>			
3.1	Représentativité des résultats à l'échelle cantonale	9			
3.2	Plomb : quel est le niveau de pollution observé ?	10			
3.3	Corrélation avec l'âge du bâtiment	10			
3.4	Le plomb peut-il être utilisé comme indicateur pour d'autres pollutions ?	12			

---

## Liste des abréviations

---

ETM	Elément-trace métallique
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
LPE	Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement
OLED	Ordonnance du 4 décembre 2015 sur la limitation et l'élimination des déchets
OSites	Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués
OSol	Ordonnance du 1 <sup>er</sup> juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols
Pb	Plomb
RegBL	Registre fédéral des bâtiments et des logements
SI	Seuil d'investigation selon l'OSol
swisstopo	Office fédéral de topographie
VA	Valeur d'assainissement selon l'OSol
VI	Valeur indicative selon l'OSol
XRF	Spectrométrie de fluorescence des rayons X (X-ray fluorescence spectrometry)

---

# 1 Introduction

---

## 1.1 La surveillance : une obligation légale

Selon l'article 4 de l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol), le canton est tenu de surveiller les sols des régions où l'on peut craindre que des atteintes ne menacent leur fertilité. Le Service de l'environnement a pour tâche de mettre en application cette surveillance sur le territoire fribourgeois pour toutes les atteintes chimiques extérieures à l'agriculture. L'Etat doit être proactif dans la prospection des zones à risques, en s'appuyant sur les données issues du réseau national d'observation des sols (NABO) et sur des études scientifiques. A partir du moment où le canton a pris connaissance d'une source de pollution ou d'une pratique pouvant entraîner des atteintes chimiques, il engage des démarches afin d'évaluer les risques sur son territoire et le cas échéant, les vérifie en procédant à des études de terrain. Les offices fédéraux ont pour tâche de fournir aux cantons les bases techniques nécessaires. Dans le canton de Fribourg, la surveillance des sols cible notamment les surfaces proches d'anciens ou d'actuels émetteurs potentiels (p.ex. les usines d'incinération, les anciens sites industriels, etc.) et les jardins (voir chapitre 1.2). L'évolution de la qualité des sols dans les jardins familiaux, les parcs publics et les places de jeux est suivie dans le cadre du [réseau d'observation FRIBO](#) (1).

### Valeurs limites légales (LPE & OSol)

**Valeurs indicatives (VI)** : les VI indiquent le niveau de gravité des atteintes au-delà duquel, selon l'état de la science ou l'expérience, la fertilité des sols n'est plus garantie à long terme.

**Seuils d'investigation (SI)** : les SI indiquent, pour une utilisation donnée, le niveau d'atteinte à partir duquel, selon l'état des connaissances, la santé de l'homme, des animaux et des plantes peut être menacée. Ils servent à évaluer s'il est nécessaire de restreindre l'utilisation d'un sol au sens de l'article 34 al. 2 LPE.

**Valeurs d'assainissement (VA)** : les VA indiquent le niveau de gravité des atteintes au-delà duquel, selon l'état de la science ou l'expérience, certaines exploitations mettent forcément en péril l'homme, les animaux ou les plantes.

## 1.2 Situation initiale

Dans ou à proximité des zones d'habitation, le risque de pollution avec des éléments-traces métalliques (ETM, anciennement appelés métaux lourds) ou des composantes organiques (HAP, PCB, PCDD/F) est un fait établi. Plusieurs études cantonales, notamment dans les cantons de Zurich, Uri et Soleure, ont démontré des dépassements fréquents des valeurs limites de l'OSol dans les sols urbains (2) (3) (4). Le canton de Fribourg ne fait pas exception. Des campagnes d'analyses réalisées entre 2011 et 2016 dans les quartiers historiques de la ville de Fribourg ont confirmé la présence de polluants dans la majorité des 97 sites analysés.

La durée, le type et l'intensité d'utilisation des jardins sont les principaux facteurs qui expliquent le niveau de pollution. Les sources de polluants proviennent en première ligne des intrants (cendres, compost, engrais, produits phytosanitaires), de déchets, mais également des matériaux de construction des bâtiments qui peuvent être amenés via les poussières ou l'eau. Les activités artisanales exercées à proximité des jardins ont elles aussi amené des substances indésirables. Un événement unique peut conduire à des pollutions considérables, comme par exemple l'épandage de cendres issus de la combustion de boiseries avec de la peinture au plomb. Dans d'autres cas, ce sont des apports répétés de faibles doses qui s'accumulent au fil des années.

L'origine des pollutions et les menaces qu'elles représentent pour les humains, les animaux ou les plantes ne sont pas développées dans le cadre de cette publication puisque ces éléments sont détaillées dans les rapports des études cantonales susmentionnées et dans la synthèse des résultats des analyses de sols en ville de Fribourg (5) (6) qui peut être consultée sur le site internet [www.fr.ch/sol](http://www.fr.ch/sol).

Suite aux pollutions découvertes à Fribourg, la Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions (DAEC) a souhaité élargir le champ d'investigation aux autres agglomérations du canton afin de circonscrire les

---

surfaces présentant des risques de dépassement des valeurs indicatives, voire des seuils d'investigation de l'OSol. Cette volonté a été concrétisée dans le cadre d'une étude réalisée entre 2018 et 2020.

### **1.3 Objectifs de la campagne**

L'objectif général de la présente étude est de collecter des données sur la qualité chimique des sols urbains dans trois régions du canton et ainsi obtenir une meilleure vue d'ensemble de la situation en ce qui concerne les atteintes chimiques portées aux sols. Ces données supplémentaires doivent consolider les bases décisionnelles pour la mise en place de mesures, notamment pour éviter la dissémination de matériaux terreux pollués.

Plus concrètement, la question centrale de cette campagne d'analyses est de savoir si les pollutions de sols observées en ville de Fribourg relève de l'exceptionnel ou si d'autres agglomérations du canton sont également touchées par cette problématique et si oui, à quel niveau. Consécutivement, le deuxième objectif est la circonscription des périmètres pollués : existe-t-il un paramètre objectif qui permet de prédire le risque de pollution des sols en zone d'habitation pour une extrapolation à tout le territoire cantonal ?

## 2 Déroulement de la campagne

### 2.1 Sélection des sites d'analyse

La prise en considération du procédé de sélection des sites est essentielle pour la compréhension des résultats. Trois agglomérations ont été retenues pour la campagne d'analyses : Bulle, Estavayer et Morat (y.c Meyriez et Muntelier). Ces trois pôles présentent des caractéristiques comparables à celles de la ville de Fribourg avec un centre historique et un développement urbain périphérique entre la fin du XIXe et le début du XXe siècle. Les principaux facteurs de risque pour les pollutions de sols y sont réunis, à savoir une durée et une intensité d'utilisation importante. Pour délimiter la zone d'investigation de l'étude un périmètre approximatif a été tracé autour des surfaces construites des agglomérations en utilisant la carte Siegfried 1945 (voir exemple de Morat dans la figure 1).

Avec les années, certaines surfaces vertes ont été imperméabilisées suite à la transformation et la densification de l'habitat. Pour cartographier les surfaces végétalisées datant du début du XXe siècle et toujours existantes aujourd'hui, les cartes Siegfried 1900 et 1945 ainsi que des images aériennes d'archives (collection photographique de swisstopo) ont été visualisées et comparées à la situation de 2017. Le type de documents utilisés est illustré par la figure 2 ci-dessous. Le produit de ce recensement a servi de base à la sélection définitive des surfaces à échantillonner. Effectivement, l'objet de la présente étude n'était pas de réaliser un échantillonnage systématique de toutes les parcelles, mais d'effectuer des pointages distribués sur un maximum de surfaces de la zone d'investigation. La cartographie a mené à une présélection de 715 bien-fonds avec des jardins anciens et toujours existants aujourd'hui. Parmi ceux-ci, 96 unités (env. 13 %) ont pu être intégrées dans la campagne d'analyses. C'est principalement l'accessibilité aux propriétaires qui a guidé le choix définitif des parcelles puisqu'il a fallu les contacter individuellement et obtenir leur accord pour réaliser l'échantillonnage. Les jardins comportant plusieurs types d'utilisation, par exemple un gazon et un potager, ou plusieurs espaces distincts, par exemple un jardin devant et derrière la maison, ont fait l'objet de plusieurs prélèvements. Au total, 169 surfaces (ci-après dénommées « sites ») ont été échantillonnées. Quelques pointages ont été réalisés à l'extérieur des zones d'investigation prédéfinies. L'objectif était de savoir si en milieu rural les jardins sont également touchés par des pollutions. Ces sites ont été choisis selon les mêmes critères que dans les villes (voir ci-dessus).

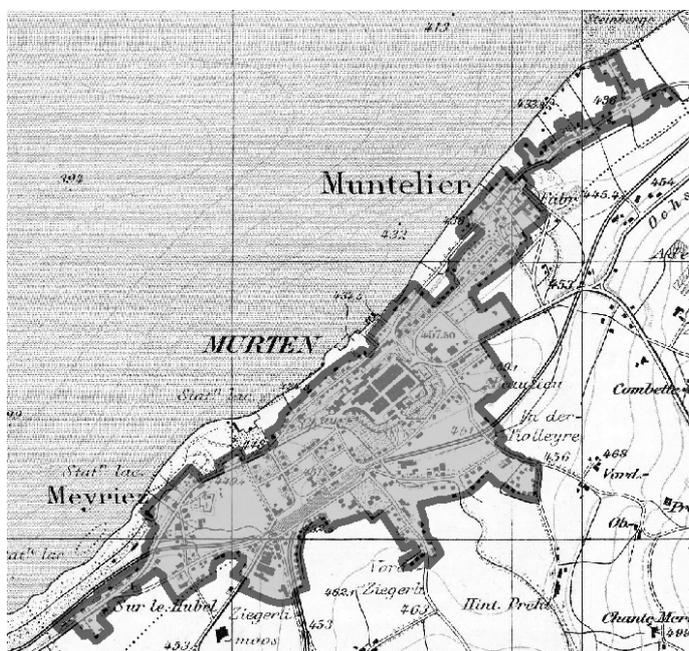


Figure 1 : Exemple de délimitation de la zone d'investigation pour l'agglomération de Morat. Un périmètre a été tracé autour des zones construites en utilisant la carte Siegfried de 1945.



Figure 2 : Carte Siegfried 1945, image aérienne Swisstopo 1930 (rognage de 19301020123680), image aérienne Swisstopo 2017 (Source : Office fédéral de topographie swisstopo).

## 2.2 Nature des sites investigués

Parmi les sites sélectionnés se trouvent des espaces publics et des jardins privés. Les principaux types d'utilisation sont les pelouses, les potagers, les platebandes ornementales, les prairies et les pâturages. De par la méthode de sélection des sites (voir chapitre précédent), la majorité des terrains analysés n'avait pas subi de remodelage conséquent depuis l'urbanisation de la zone. Dans quelques cas seulement, les sols « d'origine » avaient été manipulés dans le cadre de projets de construction récents. Cette information est déterminante puisque lors de travaux de terrassement, les sols sont déplacés, mélangés, voire remplacés, ce qui affecte le niveau de pollution.

## 2.3 Prélèvements et analyses en bref

Pour chaque site, un échantillon composé (env. 20 échantillons simples) a été prélevé dans un carré de 100 m<sup>2</sup> selon un schéma de répartition aléatoire<sup>1</sup>. Lorsque les surfaces étaient plus petites, le nombre d'échantillons simples a été réduit proportionnellement à la superficie. Pour des raisons pratiques, le tamisage à 2 mm a eu lieu sur le terrain.

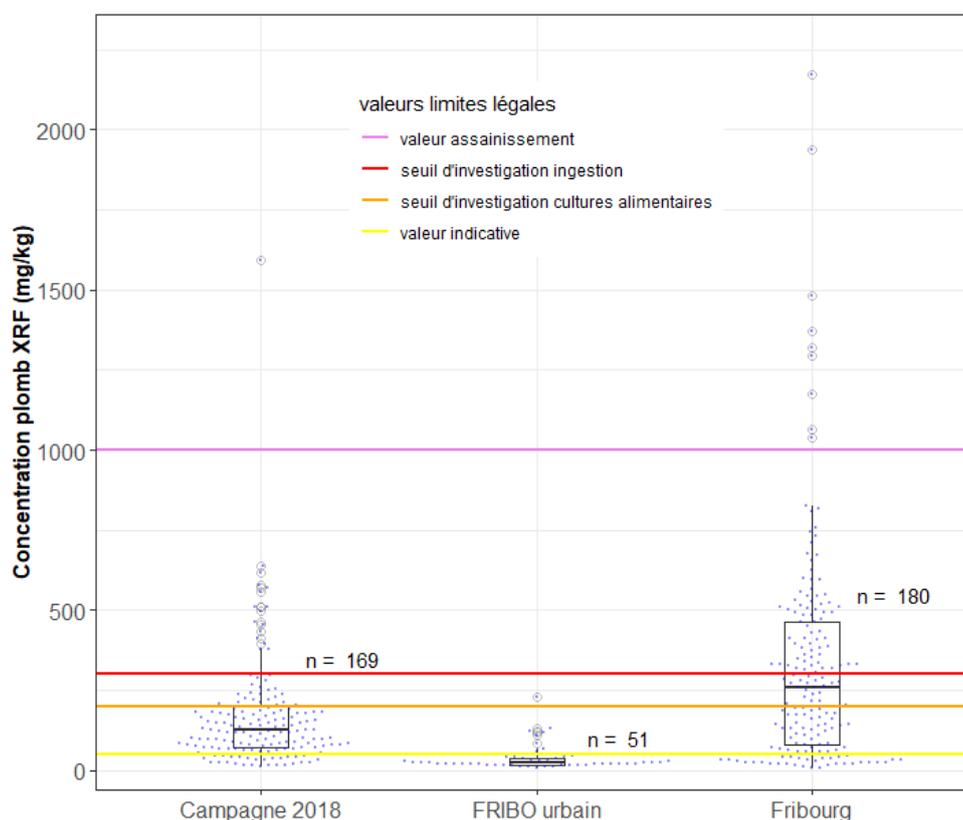
La méthode d'analyse officielle pour déterminer et évaluer la teneur en polluants est prescrite par l'OSol. Dans le cadre de la présente étude, le SEn a opté pour une méthode d'analyse alternative et s'est principalement concentré sur l'élément du plomb comme indicateur, dans le but d'optimiser les ressources à disposition, c'est-à-dire minimiser les coûts liés aux analyses chimiques et maximiser le nombre de prélèvements effectués sur le terrain. Cette approche simplifiée a dû faire au préalable l'objet de tests méthodologiques (voir annexe 2). Les concentrations en plomb dans les sols ont été déterminées par spectrométrie de fluorescence des rayons X, communément appelée XRF. Cette méthode particulièrement efficace pour le plomb a été choisie pour diminuer les coûts d'analyse et gagner en flexibilité dans l'organisation de la campagne d'analyses. L'instrument de mesure est portable et permet une première lecture des résultats sur le terrain. L'inconvénient principal des analyses XRF est la perte de rendement qui augmente avec le taux d'humidité du sol (0 – 50 %). Pour cette raison, les mesures finales ont été réalisées sur des échantillons secs. En outre, 53 échantillons (sur 169) ont aussi été analysés en laboratoire selon la méthode OSol (ETM & HAP), ce qui a permis de comparer les résultats à ceux obtenus avec le XRF.

<sup>1</sup> Selon le Manuel « Prélèvement et préparation d'échantillon des sols pour analyse de substance polluantes » (OFEFP, 2003)

## 3 Résultats

### 3.1 Représentativité des résultats à l'échelle cantonale

Pour rappel, un des objectifs de la présente étude est de savoir si les pollutions de sols découvertes en ville de Fribourg relèvent de l'exceptionnel ou si des situations comparables se présentent dans d'autres villes du canton. Dans un premier temps, les résultats obtenus lors de la campagne d'analyses 2018 sont comparés aux données existantes, à savoir celles du réseau d'observation FRIBO urbain et de la campagne d'analyses des quartiers historiques de Fribourg. Dans le graphique de la figure 3, on peut observer la distribution des trois lots de données. Dans le cas du FRIBO urbain, la majorité des sites montrent des concentrations en plomb inférieures à la valeur indicative (ligne jaune,  $50 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). A Fribourg, la médiane se situe entre les seuils d'investigation pour les cultures alimentaires (ligne orange,  $200 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) et celui pour le risque par ingestion (ligne rouge,  $300 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Les résultats des régions de Bulle, Morat et Estavayer se situent entre deux, avec une médiane au-dessus de la valeur indicative. Cette comparaison indique que les concentrations observées dans le cadre de la campagne de Fribourg ne sont probablement pas représentatives pour tout le canton. Cela s'explique par une densité de prélèvements élevée dans les secteurs pollués de la vieille ville.



**Figure 3 :** Synthèse des résultats des concentrations en plomb mesurés dans le cadre du réseau d'observation FRIBO urbain, la campagne d'analyses 2018 dans les régions de Bulle, Estavayer et Morat, ainsi que la campagne d'analyses des quartiers historiques de la ville de Fribourg. Les points bleus représentent les résultats individuels, le diagramme en boîte (box plot) présente la distribution des données (médiane, quartiles, minimum et maximum, valeurs aberrantes). Les lignes horizontales indiquent les différentes valeurs limites légales précisés dans la légende.

Le FRIBO urbain ne garantit pas non plus une représentativité suffisante. Pour rappel, ce réseau d'observation couvre principalement des places de jeux publiques qui sont des installations relativement récentes. Les sols « d'origine » de ces dernières ont soit été déplacés lors des travaux de construction, soit ils n'ont jamais été exposés aux pollutions du plomb parce qu'il s'agissait de surfaces agricoles ou utilisées de façon extensives (parcs urbains). Le fait que la présente

étude couvre des zones plus larges et qu'elle cible des utilisations de sol plus diversifiées augmente la représentativité de la situation des pollutions au plomb à l'échelle cantonale. Dans la suite de la présentation des résultats, seuls les résultats de la campagne 2018 seront considérés.

### 3.2 Plomb : quel est le niveau de pollution observé ?

Comme le montre le tableau 1, la majorité (84 %) des 169 sites analysés (valeurs mesurées par XRF) dépasse la valeur indicative de l'OSol pour le plomb. On note également qu'un quart des sites dépasse le seuil d'investigation pour les cultures alimentaires et qu'un site sur dix dépasse le seuil d'investigation pour le risque par ingestion. Pour le plomb, seulement un site dépasse la valeur d'assainissement. Les analyses effectuées en laboratoire ont révélé un deuxième site dépassant les valeurs d'assainissement (1080 mg/kg, voir tableau des résultats dans les annexes). Le même site avait donné une valeur de 571 mg/kg avec la méthode XRF. Ces différences peuvent être expliquées par la nature particulière des pollutions au plomb. Sans des investigations plus approfondies, il n'est pas possible de valider l'une ou l'autre valeur.

Tableau 1 : Nombre et proportion des sites dépassant les limites légales pour le plomb.

Limites légales plomb (OSol)	Pourcentage d'échantillons dépassant les limites légales (entre parenthèses, nombre d'unités)
Valeur indicative (50 mg/kg)	84 % (142)
Seuil d'investigation pour les cultures alimentaires (200 mg/kg)	25 % (42)
Seuil d'investigation pour le risque par ingestion (300 mg/kg)	11 % (18)
Valeur d'assainissement (1000 mg/kg)	1 % (1)

#### Remarque concernant la méthode analytique :

L'évaluation méthodologique (voir annexe 2) a montré que la méthode XRF surestime légèrement les concentrations en plomb par rapport à la méthode prescrite par l'OSol. Si toutes les analyses avaient été réalisées selon la méthode officielle, le pourcentage d'échantillons dépassant les limites légales aurait été de quelques unités plus bas. Pour simuler de manière très grossière cet effet, le biais analytique moyen de (+27 mg Pb\*kg<sup>-1</sup>) potentiellement induit par l'utilisation du XRF a été soustrait à tous les échantillons. Cette opération donne toujours un pourcentage d'échantillons dépassant la valeur indicative de 69 %. Il faut préciser que cette simulation suit un scénario pessimiste extrême pour ce qui est de la fiabilité des analyses XRF. Dans le domaine de la valeur indicative, c'est-à-dire entre 0-100 mg Pb\*kg<sup>-1</sup>, l'instrument présente un biais analytique largement inférieur (+3.3 mg Pb\*kg<sup>-1</sup>). Par conséquent, il faut s'attendre à ce que le pourcentage de dépassements réel de la valeur indicative se situe bien plus proche des 84 % que des 69 %.

### 3.3 Corrélation avec l'âge du bâtiment

Comme expliqué précédemment, la durée d'utilisation des jardins est un facteur de risque majeur pour les atteintes chimiques portées aux sols. Pour mettre en évidence ce lien, les concentrations de plomb mesurées sur les parcelles ont été croisées avec les époques de construction des immeubles données par le Registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL). Cette démarche se base sur l'hypothèse que la durée d'utilisation de la surface verte est identique à l'âge du bâtiment qui se trouve sur la parcelle. Ainsi, plus le bâtiment est ancien, plus il y a de chance que les jardins aux alentours dépassent les valeurs légales.

Les données de la campagne 2018 ont été regroupées en trois époques de construction : i) avant 1919, ii) entre 1919 et 1960 et iii) après 1960. Le graphique de la figure 4 représente pour chaque époque de construction (ainsi que pour les sites où il n'y a pas de bâtiment), le pourcentage de sites dépassant chaque valeur limite légale de l'OSol.

---

Pour les époques de construction avant 1919 et entre 1919 et 1960, on peut constater une large proportion de sites dépassant les valeurs limites légales de l'OSol. Seuls 8 %, respectivement 15 % des sites appartenant à ces deux époques de construction se trouvent au-dessous de la valeur indicative. Ce résultat indique que les surfaces vertes à proximité des bâtiments construits avant 1960 présentent un risque important de dépassement des valeurs limites légales.

Les dépassements pour la période de construction plus récente (>1960) sont moins fréquents. Pour ce groupe, le graphique affiche toutefois 33 % de sites qui dépassent la valeur indicative. Ces données ont subi une analyse plus fine pour en vérifier la validité. Il en ressort que les données du RegBL ne sont pas totalement fiables. Parfois la période de construction donnée par le RegBL correspond à l'année de rénovation, d'une modification voire de la reconstruction d'un bâtiment. Ceci implique que certains sites sont attribués à la période de construction « >1960 », alors qu'en réalité ils appartiennent à une des deux périodes antérieures. Cette vérification a été réalisée à l'aide d'images aériennes d'archives et concerne quatre sites sur cinq (ou plus précisément deux parcelles sur lesquelles deux échantillons ont été prélevés). Sur le graphique ce groupe de données qui devraient être associés aux périodes de construction précédentes est indiqué par un cercle rouge. Seul un site dépassant la valeur indicative se trouve effectivement sur une parcelle avec un bâtiment construit après les années soixante. Mais même dans ce cas, cette exception s'explique par le fait que cet immeuble se trouve entre deux autres bâtiments de la période 1920-1960. Il s'agit très probablement d'un morcellement d'une parcelle. Si ces corrections étaient apportées au graphique, aucun dépassement de la valeur indicative ne serait observé pour la période de construction « >1960 » : le 100 % des échantillons se trouveraient dans le groupe « <VI ». Il faut toutefois préciser que ce groupe n'est représenté que par un nombre restreint de sites (n = 15) puisque la campagne 2018 cible principalement les surfaces anciennes. Les données des autres cantons et du réseau d'observation FRIBO urbain viennent toutefois conforter la tendance que les surfaces « récentes » ne sont pas concernés par des contaminations au plomb.

Dans le graphique apparaît également un groupe de sites auquel aucune durée d'utilisation n'a pu être attribuée avec le croisement des données avec le RegBL. Il s'agit du groupe « sans bâtiment ». Par définition, l'époque de construction est associée à un bâtiment et par conséquent il n'est pas possible d'attribuer des âges à des parcelles non construites. Le traitement de données utilisé produit donc inévitablement une catégorie « sans bâtiment ».

La situation décrite ci-dessus, avec un bâtiment récent se trouvant entre deux autres bâtiments plus anciens est très intéressante. Cela montre qu'il est important de tenir compte aussi de l'âge du quartier pour évaluer le risque d'un dépassement des limites légales sur une parcelle. Ce principe pourrait également être appliqué à la catégorie « sans bâtiment » pour estimer la durée d'utilisation d'une parcelle. Cette démarche est plus amplement détaillée dans le chapitre 4.2.1.

Les résultats des sites provenant de l'extérieur de la zone d'investigation définie au départ sont inclus dans le traitement de données présenté ci-dessus. Pour une analyse indépendante, le nombre de sites (n = 15) était trop restreint. Neuf sites sur quinze présentaient également des dépassements de la valeur indicative du plomb. Un potager à proximité d'un bâtiment ancien dépassait même le seuil d'investigation pour le risque par ingestion. En ce qui concerne les surfaces agricoles, elles ne sont pas concernées par la problématique du plomb, comme le confirment les résultats du FRIBO ainsi que des pointages individuels effectués dans le cadre de cette étude.

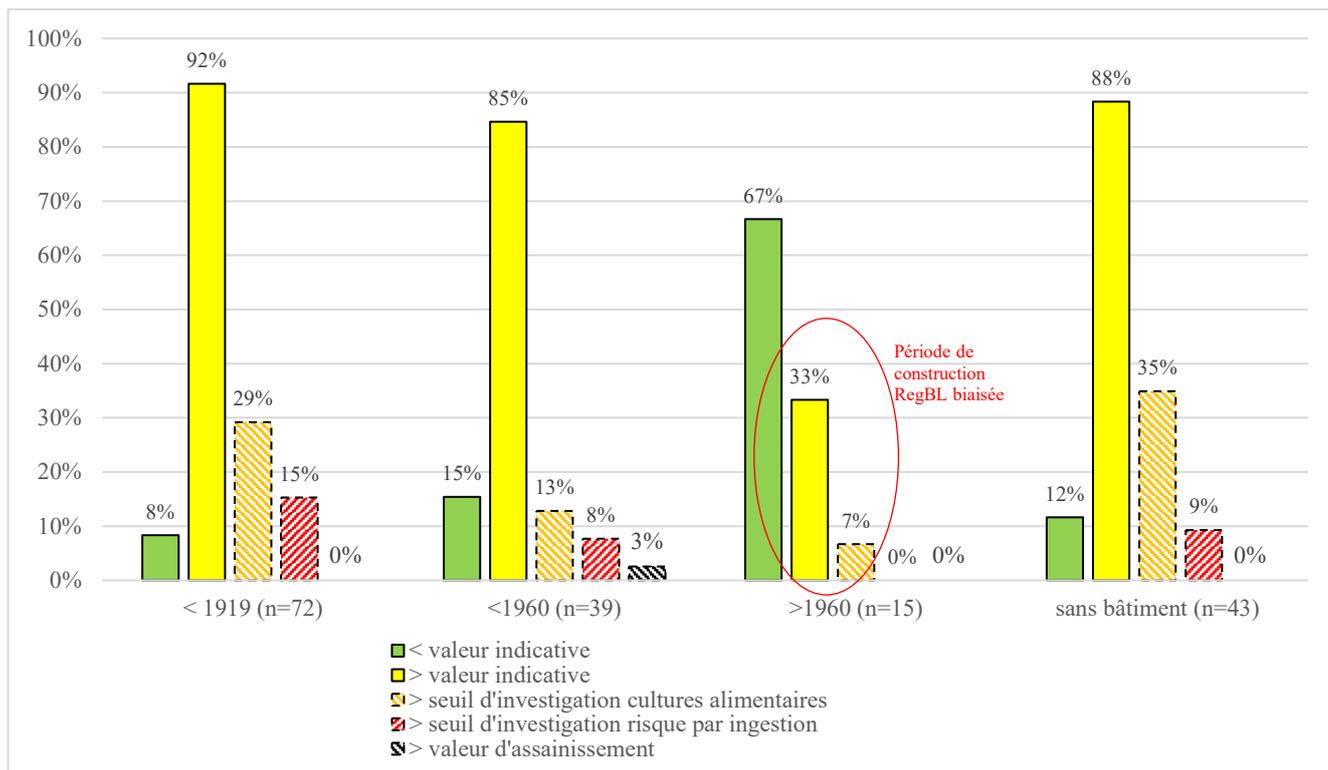


Figure 4 : Pourcentage des sites dépassant chaque valeur limite légale (OSol – Pb) et en fonction des périodes de constructions (âge) des bâtiments se trouvant sur la parcelle en question. Les barres pleines représentent les proportions des sites avec des concentrations en plomb inférieures respectivement supérieures à la valeur indicative. Leur addition donne le 100 % des données. Les barres hachurées représentent les dépassements des seuils d'investigation et de la valeur d'assainissement. En d'autres termes, il s'agit des sous-groupes des sites dépassant la valeur indicative (> VI). Le groupe « sans bâtiment » représente les échantillons issus des parcelles non construites. Le cercle rouge indique des anomalies engendrées par des imprécisions dans la banque de données du RegBL ; ces données devraient se trouver dans les catégories d'âge plus anciennes (voir texte, ci-dessus). Le « n = » indique le nombre de sites présents dans chaque groupe.

### 3.4 Le plomb peut-il être utilisé comme indicateur pour d'autres pollutions ?

Environ un tiers des échantillons a aussi été envoyé en laboratoire pour être analysé selon la méthode OSol. Ceci a permis d'étendre le programme d'analyse à d'autres polluants, tels que les HAPs, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure et le zinc. Le tableau des résultats peut être consulté dans l'annexe 1. Dans de nombreux cas, lorsque la valeur indicative du plomb est dépassée, l'échantillon contient également un, voire plusieurs autres éléments avec des concentrations supérieures aux limites légales (valeur indicative ou seuil d'investigation). Pour les échantillons avec des concentrations de plomb inférieures à la valeur indicative, aucun autre dépassement n'a été observé. Le niveau de pollution au plomb n'est pas directement corrélé avec celui des autres polluants, mais les résultats indiquent qu'il peut être utilisé comme indicateur qualitatif. On peut ainsi conclure que dans le contexte de la présente étude, la probabilité de trouver d'autres polluants que le plomb est très faible si la valeur indicative de ce dernier n'est pas dépassée. A l'inverse, du moment que l'échantillon contient des taux anormaux de plomb, mieux vaut choisir un programme d'analyse complet.

---

## 4 Conclusions et perspectives

### 4.1 Dépassements fréquents de valeurs indicatives de l'OSol

En comparaison avec la situation dans les quartiers historiques de la ville de Fribourg, les niveaux de pollution au plomb observés dans le cadre de cette campagne sont globalement plus faibles. Bien que la couverture spatiale reste toujours minime par rapport à toutes les surfaces potentiellement touchées par ce type de pollution, les résultats indiquent qu'à l'échelle cantonale, la pollution des sols dans les zones d'habitation est moins importante qu'à Fribourg. Néanmoins, on observe une forte proportion de sols à proximité des bâtiments construits avant 1960 avec des concentrations en plomb supérieures à la valeur indicative de l'OSol. D'autres polluants, tels que les HAP, le mercure, le cuivre et le zinc sont également concernés par ces dépassements.

Au niveau de l'étendue géographique des pollutions, les résultats de cette étude indiquent que les dépassements des valeurs indicatives ne se limitent pas seulement aux agglomérations, mais de manière générale à toutes les zones d'habitations. Les jardins dans les zones rurales peuvent également contenir des taux de polluants supérieurs à la normale. L'analyse des données a permis de confirmer que la durée d'utilisation et la proximité avec les bâtiments construits avant 1960 sont les facteurs dominants pour déterminer le risque de pollution. L'utilisation des époques de construction des bâtiments issus du RegBL semble être une approche prometteuse pour prédire et cartographier ce risque afin de prévenir la dissémination de matériaux pollués (voir chapitre 4.2.1).

### 4.2 Perspectives

#### 4.2.1 Une cartographie pour prévenir la dissémination de matériaux terreux pollués

Selon l'OLED, les sols décapés lors de constructions et avec des concentrations de polluants supérieures aux valeurs indicatives de l'OSol sont soumis à des restrictions de valorisation, l'objectif étant d'éviter la dissémination de ces matériaux. Or, aujourd'hui la traçabilité de ces matériaux terreux n'est pas garantie. Lorsqu'ils quittent un chantier, ils sont soit utilisés pour des aménagements extérieurs dans le cadre d'un autre projet de construction, soit ils servent à la remise en état de sites d'exploitation de matériaux (gravières, glaisières, carrières) qui seront rendus à l'agriculture. Dans les deux cas, l'utilisation de matériaux terreux pollués est indésirable.

Pour remédier à cette situation, plusieurs cantons ont mis en place une carte indicative pour délimiter les surfaces potentiellement polluées. Cet outil permet aux autorités de fixer de manière efficace et standardisée des exigences adéquates dans le cadre des demandes de permis de construire, notamment la vérification de la qualité des matériaux excédentaires qui quitteront le chantier. Concrètement, le maître d'ouvrage doit fournir des analyses de sols pour définir les filières de valorisation conformes.

Pour le canton de Fribourg, la carte indicative des sols nécessitant une surveillance (ou périmètre d'investigation) est en cours d'élaboration. Le lien entre l'âge des bâtiments et le niveau de pollution démontré dans cette étude est un point de départ pour automatiser la cartographie des zones d'habitation. Les données du RegBL permettent d'estimer à la parcelle près le risque de pollution des sols. Bien évidemment, cette méthode de cartographie devra être affinée pour intégrer également les parcelles à risque sans bâtiments ainsi que celles dont l'époque de construction est biaisée par des rénovations ou des reconstructions d'immeubles. Pour ces dernières, il est possible de faire des ajustements en se basant sur la période de construction du quartier. Des outils informatiques SIG tels que l'interpolation spatiale sont disponibles pour automatiser ce procédé. En ce qui concerne les zones vertes sans bâtiment, d'autres bases de données, comme par exemple la « couverture du sol » peuvent être utilisées pour les inclure dans la carte indicative. Les résultats de cette étude ont montré que les jardins dans les zones rurales peuvent également être concernés par des dépassements des valeurs indicatives de l'OSol. Cette méthode de cartographie basée sur la période de construction a pour avantage d'être applicable à tout le territoire cantonal, y c. les zones rurales. La carte indicative des sols nécessitant une surveillance et les mesures qui en découlent offrira une protection suffisante pour contrer la dissémination de matériaux terreux pollués. Elle ne pourra cependant pas couvrir des cas de pollution isolés ou exceptionnels qui sont par nature imprévisibles.

---

#### 4.2.2 Une solution nationale pour les risques sanitaires liés aux sols pollués

Lorsque les seuils d'investigation sont dépassés, un sol pollué peut présenter un risque pour la santé des utilisateurs. Les enfants en bas âge, en plein développement, sont particulièrement exposés, notamment parce que l'absorption digestive est plus importante chez l'enfant que chez l'adulte et conjointement leur poids corporel est plus petit que celui de l'adulte. L'ingestion directe (main-bouche) ou la consommation de légumes/fruits ayant absorbé les polluants peuvent causer une intoxication chronique de l'enfant.

Les parcelles touchées par ces pollutions considérées comme « diffuses » n'entrent pas dans le champ d'action de l'OSites qui prescrit des assainissements pour les surfaces où jouent régulièrement des enfants dans le cas où une valeur de concentration selon l'annexe 3 OSites est dépassée. L'OSol prévoit des restrictions, voire des interdictions d'utilisation des surfaces concernées si la santé de l'homme, des animaux ou des plantes est menacée (art. 9 et 10 OSol). L'évaluation de la menace se base sur des instructions de l'Office fédéral de l'environnement et se fait par les cantons au cas par cas.

L'expérience du canton de Fribourg a montré que la mise en oeuvre des restrictions ou interdictions d'utilisation de sols où jouent régulièrement des enfants est difficile. C'est pourquoi le canton de Fribourg a demandé à l'OFEV que des mesures analogues à celles de l'OSites soient reprises pour les pollutions diffuses, à savoir que l'assainissement soit obligatoire dès qu'il y a un risque pour la santé des enfants, et ce pour tous les types de polluants. Le canton a également demandé qu'un financement similaire à celui pratiqué dans le domaine des sites pollués soit mis en place pour assainir les sols des jardins privés et familiaux, des places de jeux et d'autres lieux où les enfants jouent régulièrement. En 2015, l'OFEV a démarré une réflexion globale sur les deux ordonnances, OSites et OSol. Elle est toujours en cours au moment de la publication de ce document.

Des recommandations d'utilisation ont été communiqués aux propriétaires ayant participé à cette étude. Des recommandations générales pour l'utilisation des surfaces à proximité des bâtiments construits avant 1960 sont disponibles sur le site internet de l'Etat de Fribourg (lien direct : <https://www.fr.ch/energie-agriculture-et-environnement/sol/les-principaux-polluants-dans-les-sols>).

---

## 5 Références

---

1. **Institut agricole de l'Etat de Fribourg (IAG).** FRIBO - Réseau fribourgeois d'observation des sols 1987 - 2016. *Site web de l'Etat de Fribourg - sol.* [En ligne] mars 2019. [https://www.fr.ch/sites/default/files/2019-05/fr\\_RAP\\_fribo\\_2019.pdf](https://www.fr.ch/sites/default/files/2019-05/fr_RAP_fribo_2019.pdf).
2. **Affolter, Reto.** *Bericht Nr.20 Schadstoffbelastung von Hausgärten in der Stadt Olten.* Olten : Amt für Umweltschut, Abteilung Bodenschutz, 1998.
3. **Amt für Umweltschutz Uri.** *Schadstoffuntersuchungen in Gärten, Spielplätzen, Rebbergen und Wiesen des Kantons Uri.* Altdorf : s.n., 2009.
4. **Gsponer, Rolf.** *Ursachendifferenziertes Vorgehen zur verdachtsorientierten Erkundung von Schwermetallbelastungen im Boden.* Zürich : ETH Zürich, 1996. Diss. ETH Nr. 11'862.
5. **Service de l'environnement de l'Etat de Fribourg.** Analyses de sols en ville de Fribourg, 2011 - 2016. *Site web de l'Etat de Fribourg - Sol.* [En ligne] Décembre 2017. [https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/sol/\\_www/files/pdf71/analyses\\_sols\\_fribourg\\_synthese\\_fr.pdf](https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/sol/_www/files/pdf71/analyses_sols_fribourg_synthese_fr.pdf).
6. **BMG ENGINEERING AG.** Jardins pollués aux métaux lourds en ville de Fribourg, Résumé. *Site web de l'Etat de Fribourg.* [En ligne] 14 janvier 2016. [https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/sol/\\_www/files/pdf83/analyses\\_sols\\_fribourg\\_rapport\\_bmg\\_resume\\_fr.pdf](https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/sol/_www/files/pdf83/analyses_sols_fribourg_rapport_bmg_resume_fr.pdf).

# A1 Tableau des résultats d'analyses de laboratoire

Résultats des analyses de laboratoire selon la méthode OSol pour les éléments-traces métalliques et les HAP pour une sélection de 53 échantillons de la campagne 2018

n°échantillon	Période de construction	pH	Matière organique				Carbonate de calcium	Σ HAP	Cadmium	Cobalt	Chrome	Cuivre	Mercure	Molybdène	Nickel	Plomb	Zinc
			Argile	Silt	Sable	Argile											
		-	[%]	[%]	[%]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	
1	<1919	7.3	7.7	25	28	46	1	<0,50	0.18	3.56	13.2	15	0.04	0.24	13	20	46
2	sans bâtiment	6.9	5.7	25	29	47	1	<0,50	0.22	5.09	21.5	16	0.07	0.21	21	22	47
3	sans bâtiment	6.6	5.8	17	23	60	1	<0,50	0.18	4.46	17.1	26	0.09	0.25	16	32	85
4	<1960	6.5	4.9	7	9	84	0	<0,50	0.24	2.71	10.8	18	0.11	<0,25	9	40	78
5	<1960	7.7	3.8	23	22	55	14.5	0.56	0.34	4.34	12	31	0.21	0.14	16	52	82
6	<1919	7.4	6.7	20	28	52	28.4	0.93	0.35	3.99	11.1	33	0.21	0.13	14	70	138
7	<1919	7.4	5	22	34	45	10.1	2.5	0.67	6.41	27.2	76	0.20	0.15	31	71	215
8	sans bâtiment	7.5	4.8	17	23	60	7.8	<0,50	0.22	4.48	15.2	39	0.36	0.11	18	74	93.4
9	sans bâtiment	5.7	9.7	31	27	41	0	<0,50	0.42	5.76	15.4	26	0.33	<0,25	17	79	76.8
10	<1960	7.3	6.3	15	21	64	1	3.04	0.32	5.62	21.7	54	0.12	0.20	16	82	242
11	<1919	7.4	4.7	16	25	59	3	<0,50	0.32	4.30	20.2	49	0.23	<0,25	17	90	134
12	<1919	7.1	10.2	32	31	37	1	2.51	0.47	5.23	24.2	33	0.34	0.22	19	90	113
13	<1960	7.5	3.8	15	28	57	2.3	2.45	0.53	4.88	19.9	71	0.51	<0,25	18	95	185
14	sans bâtiment	7.6	3.5	19	24	57	9.9	1.81	0.56	4.82	15	54	0.14	0.10	19	104	210
15	<1960	7.3	6.1	19	26	55	32.2	8.58	0.39	3.57	11.7	81	0.31	0.19	13	110	161
16	<1919	7.3	6.6	15	22	63	7.4	2.05	0.33	3.87	17.7	48	0.36	0.18	18	115	169
17	<1960	7.2	8.3	24	26	50	21.4	0.91	0.45	4.38	11.9	51	0.43	0.18	15	120	180
18	<1919	7.3	6.2	16	26	58	1.9	0.91	0.35	4.79	18.5	41	0.46	<0,25	19	123	160
19	<1919	7.3	13.5	25	29	46	5.7	0.53	0.53	7.38	36.8	366	0.36	0.18	47	127	189
20	sans bâtiment	7.5	6.4	14	20	66	7.5	1.14	0.35	4.18	22.3	84	1.44	0.35	17	135	136
21	<1960	7.1	8.6	25	22	53	14.8	<0,50	0.89	4.30	21.3	94	0.34	0.20	15	149	255
22	<1919	6.8	5.7	19	26	55	1	0.72	0.31	5.20	17.6	46	1.64	0.21	19	157	139
23	<1919	7.4	5.3	14	19	67	8.3	1.47	0.29	4.11	14.8	56	0.96	0.13	17	158	141
24	<1919	7.5	5.5	22	24	55	1	0.91	0.57	5.16	17.7	212	0.13	0.17	19	162	263
25	<1919	7.3	5.5	14	19	67	10.5	0.81	0.36	3.75	17.7	81	0.70	0.17	17	171	229
26	>1960	7.1	9.8	30	26	44	7.2	3.03	0.55	4.79	15.8	54	0.37	0.21	17	172	240
27	<1919	7.4	5.4	13	21	67	19.4	2.03	0.30	4.06	13.7	57	0.43	0.15	16	172	185
28	sans bâtiment	7.5	4.9	13	24	63	10.7	0.64	0.30	4.24	25.6	74	1.46	0.21	19	173	162
29	sans bâtiment	7.4	5.5	12	21	67	11.7	1.39	0.25	3.26	11.8	47	1.95	0.11	14	186	141
30	<1960	7.2	5.4	18	27	55	4.3	3.63	0.41	5.37	18.5	99	0.29	0.25	20	190	259
31	sans bâtiment	7.3	6.5	14	22	64	8.1	1.92	0.28	4.27	18.1	86	1.36	0.30	18	195	149
32	sans bâtiment	7.6	4.3	7	17	76	19	1.68	0.38	3.21	13.7	58	0.53	0.13	13	200	193
33	sans bâtiment	7.6	5.3	12	15	74	11.8	<0,50	0.43	3.92	17.1	81	1.01	<0,25	16	201	197
34	<1919	7.5	7.2	15	22	63	16.7	8.11	0.35	4.07	16	75	1.27	0.30	16	209	219
35	<1919	7.4	6.3	14	20	65	5.4	7.26	0.44	4.03	15.9	45	0.48	0.19	16	210	261
36	<1919	7.4	9	9	15	76	1	0.52	0.45	3.50	15.2	597	0.20	0.26	19	233	584
37	sans bâtiment	7.4	6.9	12	23	65	13.2	1.08	0.64	3.66	18.6	139	1.10	0.32	15	251	518
38	sans bâtiment	7.2	9.3	25	23	53	28.7	3.08	0.50	4.10	24.1	67	0.28	0.26	15	265	237
39	<1919	7.6	5.9	22	35	43	6	1.81	0.80	7.61	31.6	109	0.25	0.20	31	268	562
40	<1919	7.6	8.5	20	23	58	33.8	7.63	0.45	3.87	17.2	42	0.59	0.24	15	308	187
41	<1919	7.4	8.2	23	24	53	35.3	8.15	0.68	4.01	20	79	0.70	0.20	17	341	326
42	<1960	7.5	5	24	30	46	19.6	3.67	0.90	5.04	19.7	122	0.36	0.13	18	346	463
43	<1919	7.4	7.4	15	20	65	14.8	1.45	0.36	3.88	14.9	119	2.93	0.20	15	364	197
44	<1960	7.2	8.3	22	18	60	21.9	1.27	0.51	4.11	13.9	68	1.92	0.20	15	380	195
45	<1919	7.1	7.5	18	25	58	1	6.91	0.39	5.60	19.9	174	0.34	0.18	21	385	172
46	sans bâtiment	7.5	4.8	15	27	58	16.3	0.83	0.65	4.87	14.6	60	0.72	0.07	18	426	386
47	<1960	7.4	5	12	17	72	8.2	1.31	0.54	2.94	15.2	154	0.23	0.21	12	435	351
48	<1919	7.4	6.1	19	25	56	27.6	1.95	0.91	4.97	23.8	193	1.38	<0,25	20	454	368
49	sans bâtiment	7.6	6.2	13	17	70	12	0.77	0.42	4.58	14.7	138	8.02	<0,25	16	552	192
50	<1919	7.3	7.4	17	27	56	5.1	<0,50	0.49	4.77	18.2	81	1.38	0.29	19	587	327
51	<1919	7.4	4.7	12	20	69	9.6	0.97	0.63	4.14	23.6	93	0.26	0.37	16	619	505
52	sans bâtiment	7.4	6	13	21	66	13.6	1.65	0.36	3.62	15.5	85	1.91	0.20	15	1080	197
53	<1960	7.5	6.5	11	16	73	10.6	1.39	0.75	3.60	18.7	179	0.34	0.32	17	1592.5	354

**Légende du code couleur**

- < valeur indicative
- > valeur indicative
- > seuil d'investigation cultures alimentaires
- > seuil d'investigation risque par ingestion
- > valeur d'assainissement

## **A2 Tests méthodologiques pour la méthode XRF**



Cette annexe peut être consultée sur demande auprès du Service de l'environnement.