

OFFICE DES EAUX ET DES DÉCHETS DU  
CANTON DE BERNE  
POLLUTION DES SOLS À RECONVILIER ET  
LOVERESSE  
RAPPORT D'INVESTIGATION TECHNIQUE

Delémont, le 03.12.2020  
JU1691.200

**CSD INGENIEURS SA**  
Rue de la Jeunesse 1  
Case postale  
CH-2800 Delémont 1  
t +41 32 465 50 30  
f +41 32 465 50 31  
e [delemont@csd.ch](mailto:delemont@csd.ch)  
[www.csd.ch](http://www.csd.ch)



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Généralité	1
1.2 Situation	1
1.3 Travaux réalisés	2
<b>2. SYNTHÈSES DES INVESTIGATIONS PRÉCÉDENTES</b>	<b>3</b>
<b>3. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE</b>	<b>4</b>
3.1 Implantation des prélèvements	4
3.2 Réalisation des prélèvement	4
3.3 Travaux de laboratoire	5
3.3.1 Préparation	5
3.3.2 Analyse selon OLED	5
3.3.3 Analyse selon OSol	6
3.3.4 Conservation et élimination des échantillons	6
3.3.5 Analyses de contrôle et analyses des dioxines et furane	6
<b>4. RÉALISATION DES PRÉLÈVEMENTS</b>	<b>7</b>
<b>5. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS</b>	<b>8</b>
5.1 Corrélation entre analyses selon OLED et selon OSol	8
5.2 Cartographie de la pollution	9
5.3 Qualité des sols entre 20 et 40 cm de profondeur	11
5.4 Filière d'élimination des matériaux	11
5.5 Analyses de contrôle	12
5.6 Analyses des dioxines et furanes	13
<b>6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</b>	<b>15</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1:	Travaux réalisés dans le cadre de l'assainissement	2
Tableau 5.3 :	Corrélation entre les résultats selon analyses selon OLED et selon OSol.	9
Tableau 5.1 :	Nombre d'échantillons et parcelles dépassant les différentes valeurs de l'OSol pour chaque paramètre.	10
Tableau 5.2 :	Nombre d'échantillons et parcelles dépassant les différentes valeurs référence de l'OLED.	12
Tableau 5.4 :	Synthèse des résultats d'analyse des dioxines et furanes	14

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 :	Situation du périmètre des prélèvements de sols.	2
Figure 2.1 :	Cartographie initiale de la pollution des sols et situation des prélèvements réalisés lors des études précédentes. Les parcelles avec des concentrations présumées supérieures au seuil d'investigation constitue le périmètre initial de l'étude.	3
Figure 3.1 :	Concept de prélèvement pour parcelle avec surface de sol inférieure à 500 m <sup>2</sup> , chaque point bleu correspond à une pictée.	4
Figure 3.2 :	Concept de prélèvement pour parcelle avec surface de sol supérieure à 1'000 m <sup>2</sup> , chaque point bleu correspond à une pictée.	4
Figure 3.3 :	Vue des outils utilisés pour les prélèvements de sols : tarière à main, racleur et marteau.	5
Figure 3.4 :	Prélèvement de sol en cours	5
Figure 3.5 :	Prélèvement de sol en cours	5
Figure 3.6 :	Les échantillons de sol collectés ont été directement « raclés » et déposés dans un petit seau en PE.	5
Figure 4.1 :	Situation, en bleu, des parcelles prélevées dans le cadre de la phase pilote (1ère phase). Sur les parcelles agricoles, les échantillons ont été réalisés le long des lignes bleues traitillées.	7
Figure 4.2 :	Vue de scories découvertes lors des prélèvements de sol.	8
Figure 5.1 :	Situation des secteurs moins pollués et plus pollués qu'attendu et des parcelles dépassant la valeur d'assainissement OSol et situées en dehors du périmètre rouge.	11
Figure 5.2 :	Situation des prélèvements de sol dont la concentration en dioxine et furane a été analysée	14

## ANNEXES

Annexe A	Résultats d'analyse des laboratoires	19
Annexe B	Carte de la pollution selon OSol et OSites et selon OLED	20
Annexe C	Corrélations entre analyses selon OLED et analyses selon OSol	21
Annexe D	Corrélations entre résultats d'analyse de RuferLab SA et Bachema AG	22
Annexe E	Certifications « interlaboratoires » de RuferLab	23

## PRÉAMBULE

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

CSD se fonde sur les prémisses que :

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

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

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



## 1. Introduction

### 1.1 Généralité

En date du 04.11.2018, l'Office des Eaux et des Déchets du canton de Berne (OED) a mandaté le bureau CSD Ingénieurs SA de Delémont, sur la base de son offre de prestations du 13.08.2018 pour la réalisation d'investigations techniques préliminaires de la pollution des sols sur les communes de Reconvilier et Loveresse.

Dans la commune de Reconvilier et dans une moindre mesure celle de Loveresse, une pollution des sols par des métaux lourds (zinc, cuivre et cadmium) a été mesurée en plusieurs endroits. Cette pollution qui provient des anciennes activités des usines « Boillat » (UMS Usines Métallurgiques, Suisses SA), a été disséminée par voie aérienne. Divers échantillonnages pour décrire cette situation ont déjà eu lieu avant la présente étude. Plus de quatre-vingt échantillons ont été prélevés et analysés aux alentours des anciennes usines « Boillat ». Sur la base de ces données, une interpolation a été réalisée et a démontré qu'environ 670 parcelles pourraient être touchées par cette pollution. Ces campagnes d'échantillonnage ont également démontré qu'une partie de la surface touchée par la pollution nécessitait un assainissement selon l'Ordonnance fédérale du 26 août 1998 sur les sites contaminés (OSites).

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus lors de l'investigation préalable selon l'OSites, réalisée par le bureau CSD entre 2019 et 2020. Cette étude avait notamment pour objectif de déterminer plus précisément l'étendue de la pollution et les parcelles nécessitant un assainissement.

### 1.2 Situation

Sur la base des prélèvements de sol réalisés au cours des dernières années (plusieurs dizaines d'échantillons analysés), une première carte provisoire de la pollution des sols a été produite par l'OED.

À quelques exceptions près, les parcelles qui figuraient au plan de prélèvement initial de 2019 (en rouge sur la figure 1.1) sont celles qui étaient considérées comme polluées par la cartographie initiale des sols. Suite à la première série d'analyses, une seconde série de prélèvements a été réalisée en 2020 (en orange sur la figure 1.1) pour préciser la pollution en dehors de la zone d'étude initiale. Le périmètre total ayant fait l'objet de prélèvements de sols pour analyse est reproduit sur la Figure 1.1, il représente environ 120 ha.

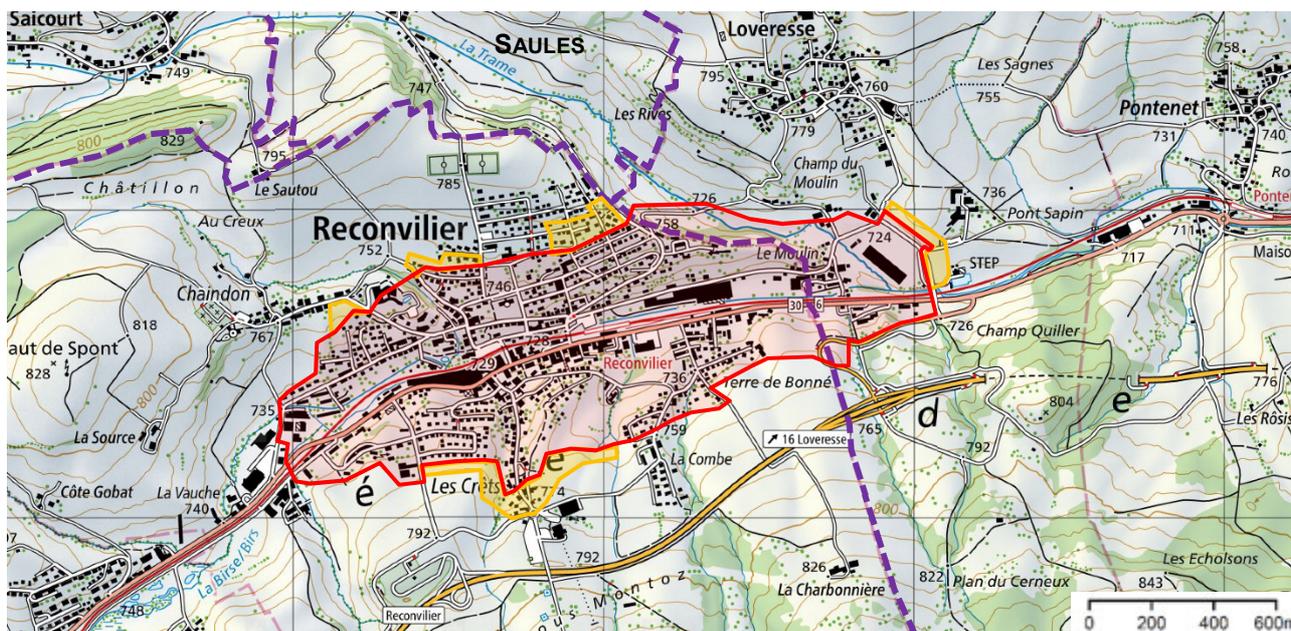


Figure 1.1 : Situation du périmètre des prélèvements de sols.

## 1.3 Travaux réalisés

Les travaux réalisés dans le cadre de l'investigation technique sont synthétisés dans le Tableau 1.1

Tableau 1.1: Travaux réalisés dans le cadre de l'assainissement

Entreprise	Travaux réalisés
CSD Ingénieurs SA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contact avec les propriétaires des parcelles</li> <li>• Appel d'offres auprès de 3 laboratoires</li> <li>• Prélèvement de sols et réalisation d'échantillons composites</li> <li>• Conditionnement et expédition d'environ 830 échantillons de sols (748 en 2019 et 84 en 2020)</li> <li>• Gestion et traitement des données</li> <li>• Cartographie de la pollution</li> <li>• Rédaction d'un rapport d'investigation</li> <li>• Rédaction d'une fiche d'échantillonnage par point de prélèvement</li> </ul>
RuferLab	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse d'environ 830 échantillons de sols</li> </ul>
Bachema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de 44 échantillons de sols (analyses de contrôle)</li> </ul>
Laboratoire cantonal du canton de Berne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de 9 échantillons de sols (analyses dioxines et furanes)</li> </ul>

## 2. Synthèses des investigations précédentes

Par le passé, plus de quatre-vingt échantillons ont été prélevés aux alentours des anciennes usines de la « Boillat », et ont fait l'objet d'analyses de laboratoire. Basé sur ces données, une interpolation a été réalisée et montre qu'environ 670 parcelles sont potentiellement touchées par une pollution des sols. Les polluants mis en évidence en concentrations problématiques par ces investigations préliminaires sont le cuivre et le zinc ainsi que le cadmium en moindre mesure.

Pour environ 540 parcelles, le seuil d'investigation de l'Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols (OSol) pourrait être dépassé, alors qu'environ 130 parcelles pourraient nécessiter un d'assainissement selon l'OSites. La carte des 2 périmètres de pollution établie préalablement à la présente étude et qui en constitue donc le périmètre initial est illustrée sur la figure 2.1.

Les analyses de dioxines et furanes dans 2 échantillons de sol ont également mis en évidence une faible pollution du sol par ces substances.

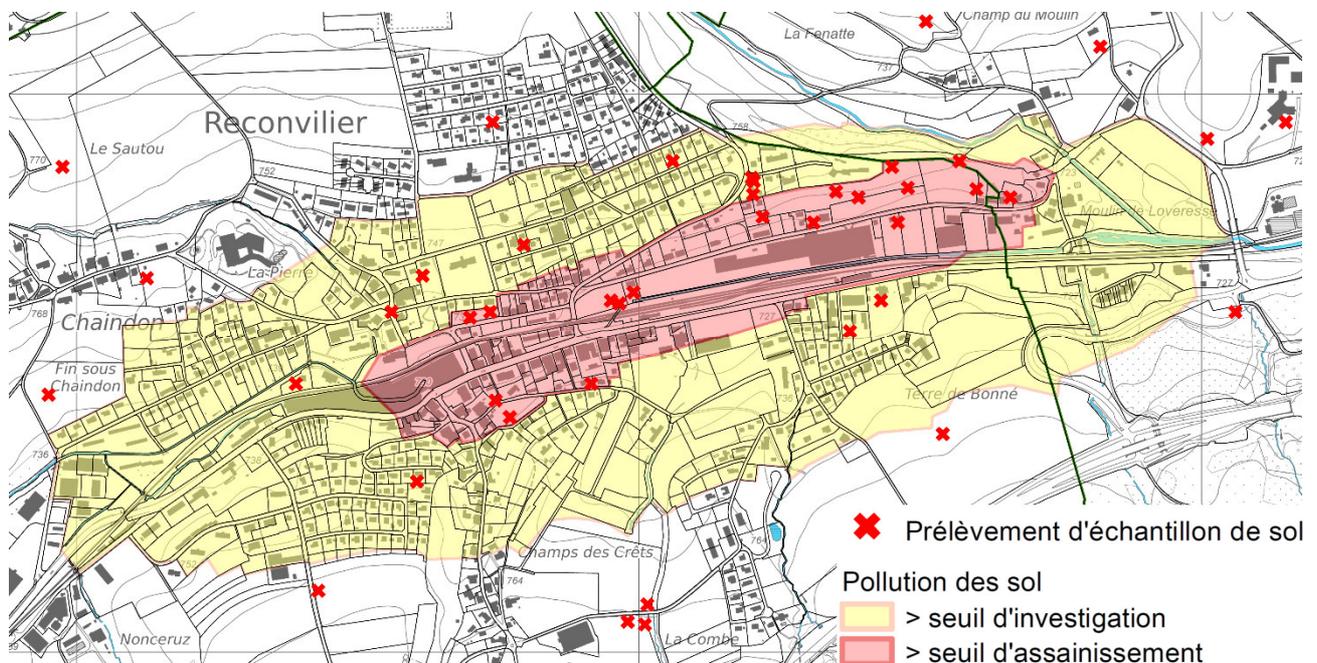


Figure 2.1 : Cartographie initiale de la pollution des sols et situation des prélèvements réalisés lors des études précédentes. Les parcelles avec des concentrations présumées supérieures au seuil d'investigation constituent le périmètre initial de l'étude.

## 3. Méthodologie de l'étude

### 3.1 Implantation des prélèvements

Pour chaque parcelle située dans le périmètre initial de l'étude, un échantillon composite de sol formé d'au moins 10 pictées a été prévu. Dans le cadre d'une parcelle dont la surface recouverte de sol représentait moins de 500 m<sup>2</sup>, la répartition des pictées s'est faite aléatoirement sur la parcelle mais de manière à couvrir toute les surfaces recouvertes de sol (cf. Figure 3.1). Pour les parcelles entre 500 et 1'000 m<sup>2</sup>, la parcelle a été divisée en deux et chaque partie a été prélevée sur le même principe qu'une parcelle individuelle.

Pour les parcelles plus grandes, et en particulier les parcelles agricoles, le point de prélèvement a été défini par avance au bureau sur la carte SIG puis implanté sur le terrain à l'aide d'un GPS. Les pictées ont été réparties sur le point implanté et sur un cercle imaginaire de 10 m de rayon autour du point implanté (cf. Figure 3.2).

### 3.2 Réalisation des prélèvements

Sur le terrain, les pictées ont été prélevées à l'aide d'une tarière manuelle métallique. L'opérateur de terrain enfonçait l'outil dans le sol jusqu'à la profondeur voulue à l'aide d'un marteau puis le retirait. La pictée collectée dans la tarière a été directement « raclée » et déposée dans un petit seau en plastique. Une fois le nombre de pictée minimum atteint, le seau de prélèvement a été refermé et identifié par un code correspondant à la commune et au N° de parcelle. L'échantillon a par la suite été acheminé à nos locaux où un employé de RuferLab SA est venu récupérer l'échantillon.

Les données et caractéristiques de la parcelle et de l'échantillonnage ont été collectées directement sur le terrain et introduites dans une base de données SIG à l'aide d'une application sur tablette numérique.



Figure 3.1 : Concept de prélèvement pour parcelle avec surface de sol inférieure à 500 m<sup>2</sup>, chaque point bleu correspond à une pictée.

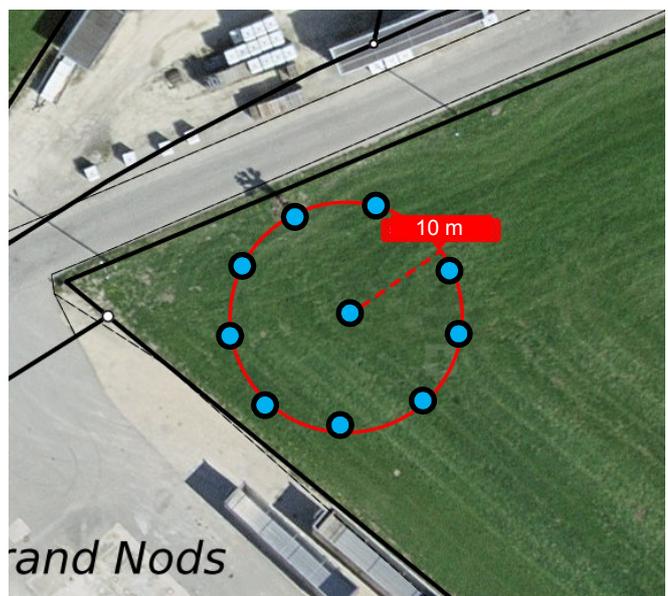


Figure 3.2 : Concept de prélèvement pour parcelle avec surface de sol supérieure à 1'000 m<sup>2</sup>, chaque point bleu correspond à une pictée.



Figure 3.3 : Vue des outils utilisés pour les prélèvements de sols : tarière à main, racleur et marteau.



Figure 3.4 : Prélèvement de sol en cours



Figure 3.5 : Prélèvement de sol en cours



Figure 3.6 : Les échantillons de sol collectés ont été directement « raclés » et déposés dans un petit seau en PE.

## 3.3 Travaux de laboratoire

L'analyse des échantillons selon OLED et OSol a été réalisée par le laboratoire RuferLab SA de Courchavon (JU).

La méthodologie de préparation et d'analyse des échantillons nous a été transmise par le laboratoire dans son offre de prestation du 10 décembre 2018.

### 3.3.1 Préparation

Les échantillons étaient enregistrés à leur arrivée au laboratoire. La totalité de l'échantillon était séché à 105°C jusqu'à poids constant puis homogénéisé.

### 3.3.2 Analyse selon OLED

Après avoir homogénéisé l'ensemble de l'échantillon, une aliquote de 200 g était prélevée dans un « pot de yoghurt » pour le travail au laboratoire, le solde restait stocké dans le seau de prélèvement.

Cette aliquote était ensuite concassée à 0.15 mm et tamisée à 0.25 µm. La digestion des échantillons sous pression de micro-ondes selon OLED a été réalisée selon la norme ISO 16729:2013, soit une digestion à l'eau régale (HCl et HNO<sub>3</sub>). Les extraits étaient ensuite analysés par ICP-OES selon la méthode « agroscope FM-HN03-ICP » version 01.02.07.

### 3.3.3 Analyse selon OSol

Après avoir homogénéisé l'ensemble de l'échantillon, une aliquote de 200 g était prélevée dans un « pot de yoghurt » pour le travail au laboratoire, le solde restait stocké dans le seau de prélèvement.

L'aliquote était ensuite tamisée à 2 mm et l'extraction des échantillons réalisés selon la méthode « HN03-Ex [2015] Agroscope ». Les extraits étaient ensuite analysés par ICP-OES selon la méthode « agroscope FM-HN03-ICP » version 01.02 .07.

### 3.3.4 Conservation et élimination des échantillons

Tous les échantillons sont conservés au laboratoire. Ils seront triés et éliminés sur ordre du M.O. C'est l'entreprise Thommen-Furler AG qui se chargera de leur élimination.

### 3.3.5 Analyses de contrôle et analyses des dioxines et furane

Les analyses de contrôle ont été réalisées par le laboratoire Bachema à Schlieren et les analyses de dioxines et furanes par le laboratoire cantonal du canton de Berne. Les deux laboratoires n'ont pas communiqué leur méthodologie de façon complète. On sait que pour Bachema la digestion des échantillons se fait à l'acide nitrique et l'extrait est analysé par ICP-MS. Le laboratoire cantonal de Berne a quant à lui fait ses analyses avec la méthode GC-MS/MS.

Les analyses de contrôle et analyses dioxines et furane ont été réalisées sur des échantillons déjà séchés, broyés et tamisés par le laboratoire Ruferlab, selon méthodologies décrites ci-dessus.

L'Annexe D compare les résultats des analyses réalisées par Bachema avec les résultats obtenus par RuferLab.

## 4. Réalisation des prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés en 3 phases. Une première phase pilote a été réalisée en mars et avril 2019, elle avait pour but de vérifier la cartographie initiale de la pollution et tester la méthodologie. À cette occasion, un plan d'échantillonnage a été prévu de manière à faire des transects au travers du périmètre d'étude (deux transects Nord-Sud et un ouest-est) ceci dans le but de vérifier la première cartographie réalisée par l'OED.

Lors des prélèvements réalisés dans la zone « rouge », où il était demandé de faire des prélèvements également entre 20 et 40 cm de profondeur, il s'est avéré très compliqué de prélever des matériaux terreux plus profondément que 20 cm. La tarière buttait fréquemment sur des remblais ou un sous-sol très riche en graviers rendant difficile l'extraction de sol et endommageant le matériel de prélèvement. Les prélèvements de sols au-delà de 20 cm ont été abandonnés lors de la 2<sup>ème</sup> et de la 3<sup>ème</sup> phase.

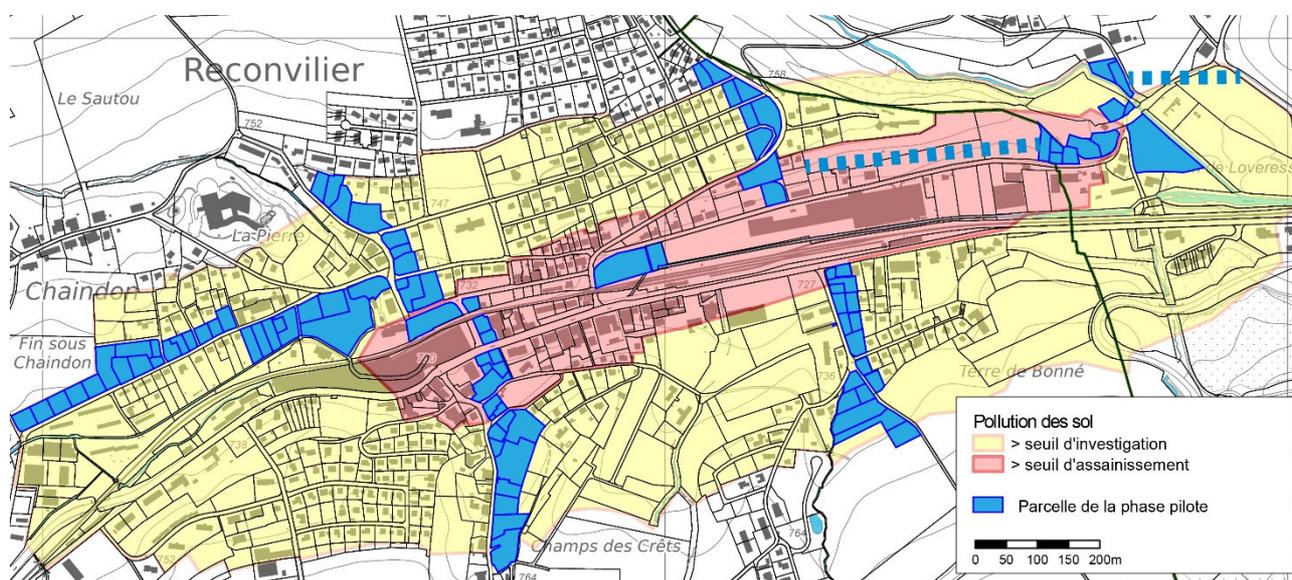


Figure 4.1 : Situation, en bleu, des parcelles prélevées dans le cadre de la phase pilote (1<sup>ère</sup> phase). Sur les parcelles agricoles, les échantillons ont été réalisés le long des lignes bleues traitillées.

Cette première série de prélèvements a démontré que la cartographie initiale de la pollution était relativement proche de la pollution effective. Il a ainsi été décidé, en accord avec l'OED, de faire des prélèvements dans l'ensemble du périmètre d'étude défini dans les documents d'appel d'offre moyennant quelques petites adaptations puisqu'une rangée de parcelles située en limite nord du périmètre et une bande de champs en limite est ont été ajoutées au plan de prélèvement. Cette phase pilote a en outre permis de valider les méthodes de prélèvement, de documentation et d'analyse.

La seconde phase de prélèvements s'est déroulée de mai à août 2019, environ trois quarts des échantillons ont été prélevés lors de cette phase de travail. Quelques échantillons de sols ont encore été prélevés en octobre 2019, ce qui a permis de faire des prélèvements sur les parcelles qui n'étaient pas accessibles au printemps et en été en raison notamment de la présence de cultures ou de bétails (moutons, chèvres, alpagas, bovins,...).

À noter encore que lors des prélèvements de sol, des scories métalliques et autres résidus d'incinération ont été découverts dans des jardins potagers sur les parcelles N° 50 (pelouse), N° 1150 (jardin), N° 1.02 (jardin) et N° 1000 (jardin). Les échantillons prélevés sur ces parcelles ont fait l'objet d'une analyse des concentrations en dioxines et furannes cf. chap. 6.4.



Figure 4.2 : Vue de scories découvertes lors des prélèvements de sol.

Suite aux deux premières phases de prélèvements, il est apparu que la limite de la pollution des sols avec dépassement de la valeur d'investigation OSol n'était localement pas connue, en particulier dans certains quartiers de Reconvilier, puisque les résultats d'analyse de parcelles en limite du périmètre d'investigation montraient un dépassement du seuil d'investigation de l'OSol.

La troisième phase (phase complémentaire), réalisée de juin à septembre 2020 a eu pour but de déterminer l'extension de la zone de pollution avec dépassement du seuil d'investigation. Les parcelles ont été prélevées en plusieurs étapes jusqu'à ce que toutes les parcelles ou placettes de prélèvement situées en limite de la zone d'investigation présente un résultat d'analyse inférieur au seuil d'investigation OSol.

## 5. Résultats des investigations

### 5.1 Corrélation entre analyses selon OLED et selon OSol

La nécessité d'assainissement d'une parcelle est définie sur la base des valeurs de concentration précisées par l'OSites et l'OSol. Cette dernière ordonnance précise clairement la méthodologie à utiliser en laboratoire pour définir la concentration en métaux lourds de l'échantillon. Toutefois, dans la présente étude, les analyses ont été réalisées selon la méthodologie définie par l'OLED, pour des raisons économiques notamment, les coûts induits par les analyses de type OSol étant sensiblement plus onéreux. Ce principe avait été préalablement convenu par l'OED avec l'OFEV.

Afin de vérifier si les différences de concentrations obtenues pour un même échantillon mais selon les deux méthodologies d'analyse prescrites nécessitait la prise en compte d'un facteur correctif, 17 échantillons ont été analysés selon les méthodologies d'analyse prescrites dans l'OLED et dans l'OSol. La sélection des échantillons à analyser s'est faite après une première série d'analyse selon l'OLED. Les échantillons sélectionnés pour les analyses selon OSol couvraient ainsi une large gamme de concentrations pour les différents paramètres.

Il ressort des résultats entre les analyses selon l’OLED et analyses selon l’OSol que ceux-ci sont relativement similaires dans le cas présent. Pour le cuivre, en moyenne, la valeur selon OSol représente un peu plus de 95 % de la valeur selon OLED, pour des concentrations proches du seuil d’assainissement. Pour le Zinc, la valeur selon OSol représente un peu plus de 90 % de la valeur selon OLED pour des concentrations proches du seuil d’assainissement. La similitude des résultats s’explique notamment par la faible proportion d’éléments grossiers dans les sols prélevés.

Le tableau ci-dessous présente les équations de corrélation entre valeurs OLED et valeurs OSol. Le tableau présente également le résultat de la corrélation pour des valeurs fictives OLED proches des différentes valeurs de référence figurant dans l’OSol. Pour ces valeurs fictives, le tableau ne montre pas de grandes différences entre les valeurs non-corrélées et corrélées.

Tableau 5.1 : Corrélation entre les résultats selon analyses selon OLED et selon OSol.

	Corrélation	R <sup>2</sup>	OLED	OSol	OLED	OSol	OLED	OSol
Cd	Y=0.9203x-0.2417	0.954	0.8	0.49	10	8.96	20	
Cu	Y=0.9748x-7.128	0.935	40	31.86	150	139.1	1000	968
Zn	Y=0.8423x+118.09	0.918	150	244.3	300	370.7	2000	1803

**Compte tenu des faibles différences entre les résultats d’analyse selon méthodologie OSol et méthodologie OLED, la classification des parcelles selon OSol s’est faite sur la base des résultats d’analyses OLED bruts, sans application de facteur de correction.**

Les données détaillées des analyses selon OSol ainsi que les graphiques de corrélations sont reproduits en Annexe C.

## 5.2 Cartographie de la pollution

Au total, 643 parcelles ont fait l’objet de prélèvement, totalisant 832 échantillons de sols. 73 parcelles figurant dans le plan d’échantillonnage n’ont pas fait l’objet de prélèvement en raison principalement d’absence de sols ou du refus catégorique du propriétaire d’autoriser l’accès à sa parcelle. Les parcelles correspondant à des routes cantonales, routes communales ou lignes ferroviaires avaient été préalablement sorties du plan de prélèvement.

Les résultats des 832 analyses de sols réalisées montrent que, pour le cadmium, l’essentiel des échantillons (86 %) ne dépasse pas le seuil d’investigation, seuls 116 échantillons indiquent des résultats dépassant cette valeur et un seul échantillon dépasse la valeur d’assainissement. De même, la valeur indicative n’est pas atteinte pour 258 échantillons, soit près d’un tiers des échantillons. La pertinence de l’analyse du paramètre cadmium devra être remise en question en vue de prochaines investigations et lors de l’assainissement.

Pour le cuivre, près de deux tiers des échantillons (548) montrent un dépassement du seuil d’investigation et la valeur d’assainissement est dépassée pour 56 d’entre eux. Pour le zinc, plus de trois quarts des échantillons (630) montrent un dépassement du seuil d’investigation et la valeur d’assainissement est dépassée pour 27 échantillons.

Tous paramètres confondus, le seuil d’investigation OSol est dépassé pour 651 échantillons (78 %) et la valeur d’assainissement est dépassée pour 70 échantillons (8%). Le nombre de parcelles pour lesquelles le seuil d’investigation est dépassé est de 512 (79%) et parmi celles-ci, la valeur d’assainissement est dépassée pour 54 parcelles (8%).

Les résultats sont présentés sous forme de cartes à l'annexe B.

Tableau 5.2 : Nombre d'échantillons et parcelles dépassant les différentes valeurs de l'OSol pour chaque paramètre.

### Classification des échantillons selon OSol et OSites

	Inférieur à la valeur indicative	Supérieur à la valeur indicative	Supérieur au seuil d'investigation	Supérieur à la valeur d'assainissement
<b>Cadmium</b>	258	458	115	1
<b>Cuivre</b>	8	276	492	56
<b>Zinc</b>	20	182	603	27
<b>Classification des échantillons</b>	7	174	581	70

### Classification des parcelles selon OSol et OSites

	Inférieur à la valeur indicative	Supérieur à la valeur indicative	Supérieur au seuil d'investigation	Supérieur à la valeur d'assainissement
<b>Cadmium</b>	172	370	100	1
<b>Cuivre</b>	4	207	390	42
<b>Zinc</b>	16	120	483	24
<b>Classification des parcelles</b>	4	127	458	54

Spatialement, on constate que les limites définies dans la cartographie initiale de l'OED correspondent relativement bien à celle observées dans le résultat final. La zone de parcelles nécessitant un assainissement est toutefois moins étendue que ce que prévoyait la première cartographie. Quelques parcelles se trouvent également à l'extérieur du périmètre, il s'agit de :

- 2 parcelles dans le haut de la rue « Vie des Crêts » ;
- 1 lotissement de maisons mitoyennes à la rue de Tavannes ainsi qu'un champ à l'est du lotissement et une parcelle à l'ouest du lotissement ;
- 4 parcelles dans le secteur de la rue de Bel-Air ;
- 1 prélèvement dans le champ situé juste à l'est du centre d'entretien de la N16.

Le secteur des parcelles dépassant le seuil d'investigation est plus étendu pour les secteurs suivants (en orange sur la figure 5.1) :

1. Quartier de « Vies des Crêts » et Champs des « Crêts », sud-ouest du village ;
2. Rue de la Chaudrette, nord-ouest du village ;
3. Route de Chaidon et extrémité du chemin des Jonquilles, ouest du village ;
4. Quartiers de la Route de Saules, La Promenade, rue de Boron, rue des Fraiches et rue du Nord, nord du village ;
5. 2 parcelles agricoles au nord-est du centre d'entretien N16, sur la commune de Loveresse.

La pollution est en revanche moins étendue à l'ouest et au sud-est du périmètre de la cartographie initiale (en vert sur la figure 5.1).

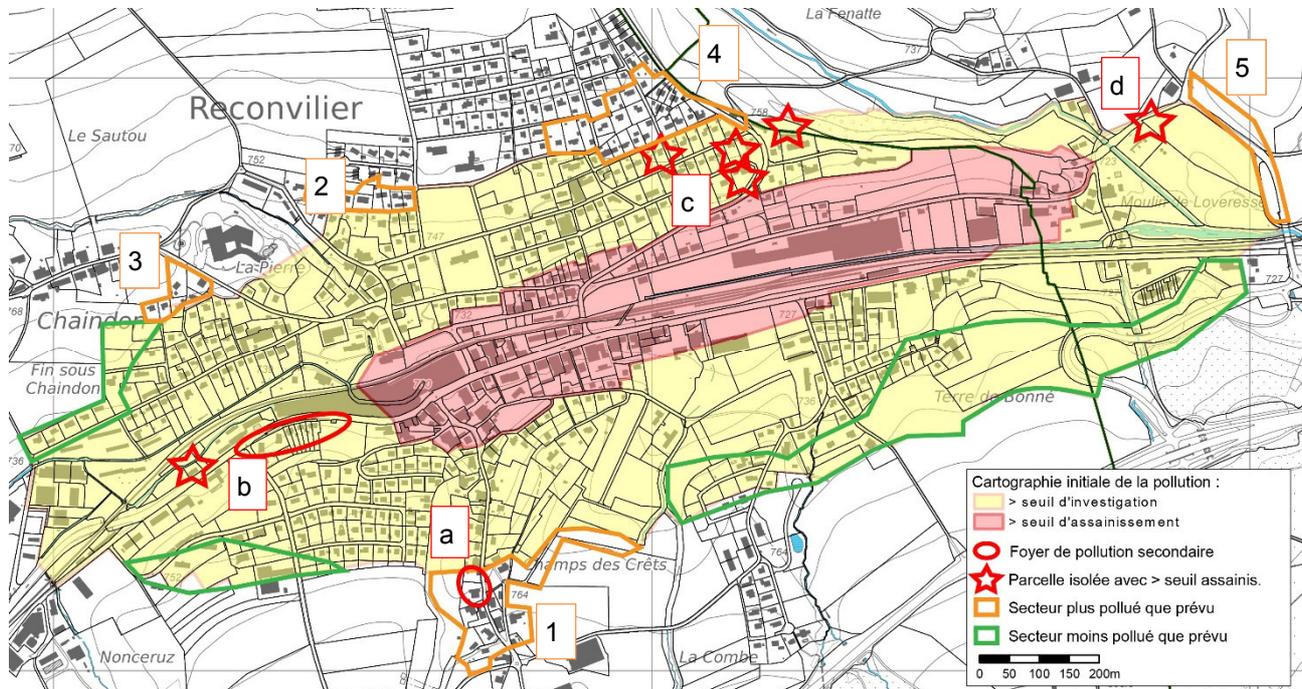


Figure 5.1 : Situation des secteurs moins pollués et plus pollués qu'attendu et des parcelles dépassant la valeur d'assainissement OSol et situées en dehors du périmètre rouge.

## 5.3 Qualité des sols entre 20 et 40 cm de profondeur

Les prélèvements de sol entre 20 et 40 cm de profondeur n'ont été réalisés que durant la phase pilote car plus profondément que 20 cm les matériaux sont souvent constitués de remblais rendant très difficile la pénétration de la tarière. 26 échantillons de sol et sous-sol ont toutefois pu être prélevés entre 20 et 40 cm de profondeur. Dans la majorité des cas, la concentration en métaux lourds était semblable pour la partie 0 - 20 cm et pour la partie 20 - 40 cm et les « classes » de pollution selon OSol ne changeaient pas avec la profondeur. Pour 4 emplacements, la « classe » de pollution selon OSol était plus basse pour le prélèvement 20-40 cm que pour le prélèvement 0-20 cm. Dans 2 cas, la situation était l'inverse.

## 5.4 Filière d'élimination des matériaux

En cas de terrassement, les matériaux terreux dont les concentrations en métaux lourds dépassent le seuil d'investigation sont à considérer comme des sols très pollués aux sens de l'OSol et ne peuvent pas être valorisés. Ils doivent donc être gérés conformément à l'OLED. Les analyses réalisées dans le cadre de ces investigations permettent de définir la filière d'élimination des sols appropriée pour chaque parcelle ou chaque placette de prélèvement.

Presque toutes les parcelles investiguées (99.5 %) ont une concentration en métaux lourds dans les sols qui dépasse la valeur d'admissibilité en décharge de type A. La valeur d'admissibilité en décharge de type B est dépassée pour environ 248 échantillons (29 % des échantillons), soit 202 parcelles (31%). Enfin, la valeur d'admissibilité en décharge de type E est dépassée pour deux parcelles.

Tableau 5.3 : Nombre d'échantillons et parcelles dépassant les différentes valeurs référence de l'OLED.

Classification des échantillons selon OLED				
	DTA	DTB	DTE	Centre spécialisé
<b>Cadmium</b>	333	498	0	1
<b>Cuivre</b>	8	640	183	1
<b>Zinc</b>	20	612	199	1
<b>Classification des échantillons</b>	6	578	246	2

Classification des parcelles selon OLED				
	DTA	DTB	DTE	Centre spécialisé
<b>Cadmium</b>	230	412	0	1
<b>Cuivre</b>	4	495	143	1
<b>Zinc</b>	16	452	174	1
<b>Classification des parcelles</b>	3	438	200	2

## 5.5 Analyses de contrôle

Afin de s'assurer du bon déroulement et de la qualité des analyses réalisées par le laboratoire mandaté, 44 échantillons analysés par ce laboratoire ont été analysés une seconde fois par un laboratoire tiers. Le laboratoire Bachema AG de Schlieren a été mandaté pour réaliser les analyses de contrôle. L'analyse s'est faite sur un échantillon déjà préparé (séchage et homogénéisation) par le laboratoire RuferLab.

La différence entre les résultats d'analyses reçus des deux laboratoires est de 13.3 % pour le cadmium, 21.5 % pour le cuivre et 17.5% pour le zinc, soit une erreur moyenne de 19.1 %. Suite à ces constatations, l'OED a demandé aux deux laboratoires de donner plus de précisions sur leurs méthodes d'analyses, leurs certifications, leur marge d'erreur et leur participation éventuelle à des contrôles qualité « interlaboratoires ».

Suite aux explications données par les deux laboratoires il apparait que :

- Les deux laboratoires n'utilisent pas les mêmes méthodes d'analyse :
  - RuferLab a moulu les échantillons à < 0.15 mm et Bachema à < 0.1 mm (selon la norme figurant dans l'aide à l'exécution de l'OFEV, les échantillons doivent être moulus à < 0.2 mm).
  - Les échantillons sont digérés à l'eau régale (HCl et HNO<sub>3</sub>) chez RuferLab et à l'acide nitrique concentré chez Bachema.
  - L'extrait est analysé selon la méthode ICP-OES chez RuferLab et par ICP-MS chez Bachema. Selon M Rufer, les analyses par ICP-OES sont plus (+) fiables pour de grandes concentrations et pour de faibles concentrations c'est la méthode ICP-MS qui est la plus fiable.
- Le laboratoire Bachema admet une incertitude de mesure de 12 à 24% dans ses analyses
- Le laboratoire Bachema n'effectue pas d'analyses qualité interlaboratoire WEPAL.

- RuferLab a participé aux contrôles interlaboratoires WEPAL en 2019 (cf. Annexe E, voir résultat pour « LUCA »). Les résultats démontrent que :
  - Pour le cadmium, les résultats sont jugés non acceptables pour des échantillons dont la concentration était de 0.0721 et 0.2410 [mg/kg] de Cd, acceptables pour un échantillon de 0.3646 [mg/kg] de Cd et bons pour un échantillon de 8.405 [mg/kg] de Cd ;
  - Pour le cuivre, les résultats sont jugés acceptables pour deux échantillons de 43.6 [mg/kg] et 153.3 [mg/kg] de Cu et bons pour deux échantillons de 4.399 et 16.62 [mg/kg] de Cu ;
  - Pour le zinc, les résultats sont tous jugés bons (4 échantillons de 106.1, 15.14, 43.61 et 1007.7 [mg/kg]).
- Pour ces analyses, RuferLab applique la norme SN EN ISO 11885 conformément à l'aide à l'exécution de l'OFEV pour les analyses en laboratoire. Bachema applique la norme DIN 38406-29 qui ne figure pas dans l'aide à l'exécution de l'OFEV.

Il a également été demandé d'évaluer dans quelle mesure les différences de résultats d'analyse entre les deux laboratoires changeaient la classification d'un échantillon selon l'OSol. Après vérification, les différences entre les analyses des deux laboratoires provoquent un changement de statut selon OSol de l'échantillon pour 4 échantillons sur les 44 analysés. Dans les quatre cas, la parcelle verrait son statut OSol rétrogradé en appliquant les résultats de Bachema, et passerait par exemple d'un dépassement de la valeur d'assainissement à un dépassement du seuil d'investigation.

Sur la base de ces éléments, les résultats d'analyses réalisées par RuferLab et pris en compte pour les résultats de la présente investigation sont considérés comme conformes aux exigences fédérales et représentatifs de l'état de pollution des parcelles investiguées.

## 5.6 Analyses des dioxines et furanes

Par le passé, les dioxines et furanes ont été analysées dans deux échantillons de sol. Elles avaient mis en évidence une faible pollution des sols par des dioxines et furanes.

L'étude de la pollution des sols prévoyait également une évaluation du risque de pollution des sols par des dioxines et furanes. Cette évaluation prévoyait l'analyse de la teneur en dioxines et furanes de 10 échantillons fortement pollués par des métaux lourds. Six échantillons ont été sélectionnés parmi les plus pollués aux métaux lourds et 4 autres ont été analysés suite à la découverte de scories métalliques et autres résidus d'incinération sur le site de prélèvement. Les 10 échantillons ont été analysés auprès du laboratoire cantonal du canton de Berne

Les analyses ont mis en évidence une très faible pollution des sols par les dioxines et furanes puisque la valeur indicative fixée dans l'OSol (5 [ng I-TEQ/kg]) n'a été dépassée que pour 3 échantillons. Aucun échantillon ne dépasse le seuil d'investigation.

Tableau 5.4 : Synthèse des résultats d'analyse des dioxines et furanes

Parcelle	Raison de l'analyse	Somme WHO05-TEQ Dioxine + Furane [ng I-TEQ/kg]
R219	Valeur assainissement dépassée	9.5
R1.02	Présence de scories	3
R50	Présence de scories	4.9
R1000	Présence de scories	1.4
R1150	Présence de scories	4.5
R1011	Valeur assainissement dépassée	8.3
R91.1	Valeur assainissement dépassée	6
R119.2	Valeur assainissement dépassée	4.5
R214.1	Valeur assainissement dépassée	4.1
R405.1	Valeur assainissement dépassée	4.6

Valeur indicative : 5 / Seuil investigation : 20 / Valeur d'assainissement : 100 / 1000

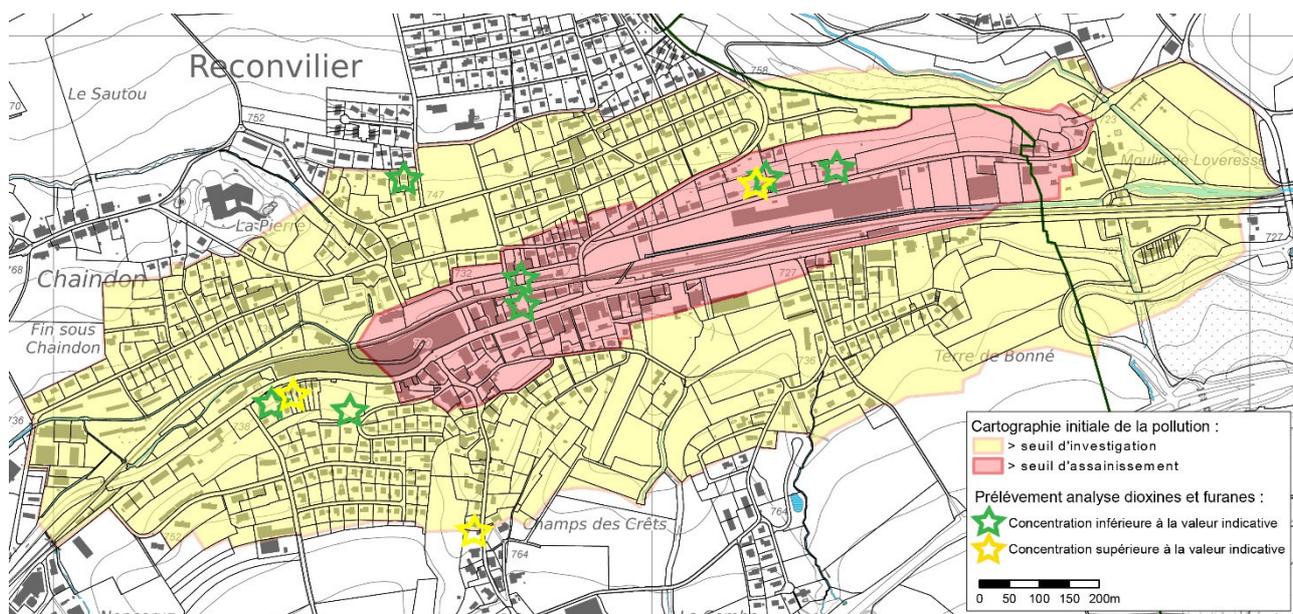


Figure 5.2 : Situation des prélèvements de sol dont la concentration en dioxine et furane a été analysée

## 6. Conclusions et recommandations

L'Office des Eaux et des Déchets du canton de Berne (OED) a mandaté le bureau CSD Ingénieurs SA de Delémont pour la réalisation d'investigations techniques préliminaires de la pollution des sols sur les communes de Reconvilier et Loveresse.

Les investigations ont consisté à prélever des échantillons de sols représentatifs des parcelles soupçonnées d'avoir été polluées par des métaux lourds provenant de rejets atmosphériques des anciennes usines de la « Boillat ». Au total, 832 échantillons de sol ont été prélevés entre mars 2019 et septembre 2020 sur les communes de Reconvilier et Loveresse, pour un total de 643 parcelles investiguées.

### Étendue de la pollution

La cartographie des résultats d'analyses (annexe B) montrent que la répartition spatiale de la pollution est globalement proche de la cartographie initialement réalisée par l'OED sur la base de prélèvements épars.

Toutefois, dans le détail, la carte de la pollution ne montre pas de grands secteurs de pollution homogènes mais se présente plutôt avec un aspect en « peau de léopard », ceci vraisemblablement en raison de mouvements de sols sur les parcelles (assainissement privé, apport de terre végétale) et de foyers de pollution secondaires.

Le périmètre de parcelles nécessitant un assainissement est moins étendue que ce que prévoyait la cartographie initiale. Néanmoins, une quinzaine de parcelles avec nécessité d'assainissement se situent en dehors du foyer principal et forment deux foyers secondaires de pollution, à la rue de Tavannes et dans le quartier de « Vie des Crêts ». On dénombre également quelques parcelles isolées avec dépassement de la valeur d'assainissement.

A l'inverse, le périmètre présentant un dépassement du seuil d'investigation est plus étendu que ce que ne prévoyait la cartographie initiale, en particulier dans plusieurs quartiers dans la partie nord de Reconvilier et un quartier dans la partie au sud-est (Vie des Crêts). La pollution est en revanche moins étendue que prévu à l'ouest et au sud-est du périmètre prédéfini.

D'autres prélèvements supplémentaires en périphérie directe de la zone investiguée ne s'avèreraient que peu pertinents et ne sont pas recommandés. En revanche, en raison du dépassement des valeurs indicatives OSol dans pratiquement tous les échantillons, il est recommandé d'évaluer à plus large échelle l'étendue de la pollution, notamment si les villages alentours sont également concernés par des dépassements de la valeur indicative OSol. En effet, ces derniers présentent concrètement le risque de la présence de sols classés comme « peu pollués » au sens de l'OSol mais qui impliquent certaines contraintes dans la valorisation des matériaux terreux dans le cadre de travaux de manipulation des sols.

### Corrélation OLED-OSol

La comparaison entre les résultats d'analyses selon OLED ou OSol n'a pas montré de différences significatives entre les deux méthodologies ; l'utilisation de facteurs correctifs « OSol » n'a pas été jugée pertinente. Par conséquent, la classification des parcelles selon OSol s'est faite sur la base des résultats d'analyses selon OLED bruts sans facteur de correction.

Pour la phase d'assainissement, il est recommandé de poursuivre avec des analyses selon l'OLED, ceci afin de pouvoir définir clairement les filières d'élimination des matériaux.

## **Polluants problématiques**

Les résultats de la présente étude indiquent clairement que le zinc et le cuivre sont les paramètres critiques de la pollution des sols. La contamination en cadmium dans ce contexte n'est pas représentative. La concentration en zinc est la plus souvent déterminante lors de dépassement du seuil d'investigation alors que c'est la concentration en cuivre qui est la plus souvent déterminante lors d'un dépassement de la valeur d'assainissement. La concentration en cadmium n'a dépassé le seuil d'investigation que dans moins de 20 % des cas.

Dans le cadre des investigations conduites dans le périmètre d'étude, 10 échantillons de sols fortement pollués par des métaux lourds et/ou contenant des résidus d'incinération ont été envoyés au laboratoire cantonal du canton de Berne pour procéder à l'analyse des dioxines et furanes. Les résultats obtenus du laboratoire mettent en évidence une très faible pollution des sols par des dioxines et furanes ; la valeur indicative fixée dans l'OSol n'a été dépassée que pour trois échantillons. Aucun échantillon ne dépasse le seuil d'investigation.

Compte tenu de ce qui précède nous recommandons de ne plus tenir compte de la concentration en cadmium et en dioxines et furanes pour la suite du projet. Seuls les paramètres zinc et cuivre seront à prendre en compte.

## **Profondeur de la pollution**

Au total, 26 prélèvements de sol ont été réalisés dans le sol et le sous-sol entre 20 et 40 cm de profondeur, essentiellement sur des parcelles fortement polluées. Dans la majorité des cas, la concentration en métaux lourds était semblable pour la partie 0 - 20 cm et pour la partie 20 – 40 cm et les « classes » de pollution OSol ne changeaient pas avec la profondeur.

La présence de pollution au-dessous de 20 cm de profondeur est une donnée à prendre en compte lors de l'élaboration du concept d'assainissement.

## **Filière d'élimination des matériaux terreux**

Pratiquement l'ensemble des parcelles investiguées présentent des concentrations en métaux lourds dans les sols qui dépassent la valeur d'admissibilité en décharge de type A définie par l'OLED. Seules 3 des parcelles investiguées font exception. Partout ailleurs, les sols sont considérés comme des sols « pollués » au sens de l'OSol et ne peuvent être valorisés : ils doivent être éliminés conformément aux exigences OLED. La valeur d'admissibilité en décharge de type B est dépassée pour environ 248 échantillons, soit 202 parcelles. Enfin, la valeur d'admissibilité en décharge de type E est dépassée pour deux parcelles.

Sur la base de ces résultats d'investigations, nous recommandons de procéder à des analyses OLED pour tous les projets de construction avec élimination de matériaux terreux sur l'ensemble du territoire des villages de Reconvilier et Loveresse.

## **Inscription au cadastre des sites pollués**

Nous recommandons d'inscrire au cadastre des sites pollués, avec la mention « site nécessitant un assainissement », toutes les parcelles pour lesquelles le résultat d'analyse indique un dépassement de la valeur d'assainissement définie par l'OSites et l'OSol.

Selon l'article 12 de l'OSites, les parcelles avec un résultat d'analyse n'indiquant pas de dépassements de la valeur d'assainissement ne doivent pas être inscrites au cadastre des sites pollués. L'OED devra prendre les mesures nécessaires pour s'assurer que la problématique de la pollution des sols soit bien prise en compte en cas de projets de construction, notamment en ce qui concerne l'élimination des matériaux terreux.

## CSD INGENIEURS SA

Grégoire Monin  
Directeur de Succursale

Alain Piquerez  
Mandataire commercial

Delémont, le 03.12.2020

## COREFERENT

Grégoire Monin (Géologue, spécialiste de la protection des sols sur les chantiers SPSC)

## COLLABORATEURS/TRICES AYANT PARTICIPÉ AU PROJET

Alain Piquerez (Hydrogéologue, spécialiste des sites pollués)

Livia Zürcher (Hydrogéologue, spécialiste des sites pollués)

Louis Peiry (Géologue, spécialiste des sites pollués)

Fabio Campedel (Technicien)

Valentine Gerber (Stagiaire en environnement)

\\csding.corp\dialog\JU\mes\JU01691.200\Rapport\Pollution sols\_ReconvilierLoveresse\_rapport IT\_2020\_v5.docx

Pour préserver l'environnement, CSD imprime ses documents sur du papier 100 % recyclé (ISO 14001).

**ANNEXE A            RÉSULTATS D'ANALYSES DES LABORATOIRES**

**ANNEXE B      CARTE DE LA POLLUTION SELON OSOL ET OSITES  
ET SELON OLED**

**ANNEXE C      CORRÉLATIONS ENTRE ANALYSES SELON OLED ET  
ANALYSES SELON OSOL**

**ANNEXE D      CORRÉLATIONS ENTRE RÉSULTATS D'ANALYSE DE  
RUFERLAB SA ET BACHEMA AG**

**ANNEXE E      RÉSULTATS « INTERLABORATOIRES » DE  
RUFERLAB ET ACCRÉDITATION DE RUFERLAB**

**ANNEXE F      FICHES DE PRÉLÈVEMENT**