

Direction de l'environnement industriel, urbain et rural, Canton de Vaud

Expertise sur l'origine d'une pollution des sols à Lausanne

Rapport no.: 7300

Table des matières :

Résumé	2
1. Mandat	3
2. Mandant	3
3. Problèmatique	3
4. Résultats concernants l'origine de la pollution des sols	4
Annexes	

Novembre 2021

L'analyse des données sur la contamination du sol par des dioxines et furanes arrive aux conclusions suivantes:

Page: 2 de 32

- La similarité des profils des congénères (7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés), au moins pour les échantillons chargés de plus que 40 ng TE WHO-2005/kg MS, indique que la contamination des sols n'a pour origine qu'une seule source ou qu'un petit nombre de sources qui se trouvaient à proximité et qui étaient en activité simultanement durant la période.
- Parmi toutes les industries identifiées dans le cadre de la recherche historique et localisées autour des sols contaminés, seules deux ont un potentiel de production de dioxines et de furanes suffisant pour correspondre à la contamination trouvée :
 - L'UIOM du Vallon, ancienne usine d'incinération des ordures ménagères, équipée d'un dispositif de traitement des fumées correspondant à l'état de la technique de la deuxième moitié du 20^{ième} siècle;
 - L'usine thérmo-électrique de Pierre de Planqui utilisait du coke ou du charbon pour produire de l'électricité et de la chaleur.

Les autres industries, fabrique de bougies et de savon, nickelage, chromage-nickelage, galvanoplastie et fonderie de fer, ne sont pas connues comme source de dioxines et furanes ou constituent des sources trop faibles (fonderie) pour être à l'origine de la contamination des sols lausannois.

- Une comparaison de la charge totale des sols en dioxines et furanes (six scénarios) et de trois différents scénarios d'émissions montre, que la période d'activité de l'UIOM est compatible avec 11 des 18 scénarios (61 % des cas).
- L'estimation des émissions de dioxines et furanes de l'usine de Pierre de Plan pendant les 31 années durant lesquelles le charbon était le combustible principal montre que la charge produite est au moins 1'000 fois trop basse pour expliquer la contamination des sols.

Conclusion:

En l'absence d'autre sources capables de produire la masse d'équivalent de toxicité trouvée dans les sols, l'UIOM est la source la plus probable de la contamination.

1. Mandat

La Direction de l'environnement industriel, urbain et rural(DGE-DIREV) du Canton de Vaud a mandaté Airmes SA pour une expertise sur l'origine d'une pollution des sols par des dioxines et des furanes à Lausanne. Selon le cahier des charges les prestations suivantes étaient demandées:

Page: 3 de 32

- 1. Evaluer les analyses chimiques à disposition afin d'identifier les processus chimico-physiques à l'origine de la pollution des sols à Lausanne.
- 2. Evaluer, sur la base des documents à disposition, la plausibilité de formation de dioxines et de furanes dans le processus de traitement des fumées de l'UIOM du Vallon.
- 3. Evaluer, sur la base des documents à disposition, si des dioxines et furanes ont pu se former dans d'autres usines dans les environs.
- 4. Evaluer au regard des connaissances actuelles si les dioxines découvertes dans les boues de la STEP de Vidy avaient pour origine l'UIOM du Vallon. Le cas échéant, évaluer dans la mesure du possible la part concentrée dans les boues et celle émise dans l'air par la cheminée.
- 5. Tester la plausibilité de l'origine de la pollution à l'UIOM du Vallon sur la base d'un bilan massique (ordre de grandeur) des émissions dans l'air, de la pollution des sols et de la contamination des boues de la STEP.
- 6. Proposer d'autres pistes de recherches permettant d'identifier l'origine de la pollution.
- 7. Evaluer les investigations statistiques (bureau eOde) en regard des investigations historiques et chimiques. Au besoin, proposer des investigations complémentaires.
- 8. Effectuer une synthèse des investigations historiques, statistiques et chimiques, décrire les hypothèses retenues et conclure sur l'origine de la pollution.

2. Mandant

Direction de l'environnement industriel, urbain et rural Personne de contact: M. S. Fracheboud Chemin des Boveresses 155 1066 Epalinges

3. Problèmatique

Des prélèvements de 185 échantillons ont été effectués dans les sols de la ville de Lausanne. Des teneurs en dioxines et furanes particulièrement élevées ont été découvertes dans la région du Vallon. En total 209 analyses ont été effectuées, y compris les analyses de profils (propagation de la pollution en profondeur) et les analyses croisées inter-laboratoires.

L'étendue et la répartition des concentrations dans les sols semblent indiquer une contamination par voie aérienne. Des modélisations de la dispersion des polluants ont été effectuées et ont permis d'exclure les sources actuelles de dioxines et furanes. Il est nécessaire d'identifier la ou les sources historiques de cette pollution et éventuellement de proposer des investigations complémentaires. En parallèle, une étude géostatistique a été effectuée par le bureau eOde afin d'orienter les investigations supplémentaires nécessaires pour délimiter l'étendue de la pollution.

Les premières investigations de la DGE semblent pointer l'ancienne usine d'incinération des déchets du Vallon (UIOM) comme source de cette pollution. Il est toutefois nécessaire de confirmer cette hypothèse et d'évaluer si d'autres sources ont contribué à l'émission de dioxine.

4. Résultats concernants l'origine de la pollution des sols

4.1. Evaluation des analyses des dioxines et furanes dans les sols

Documents utilisés pour l'expertise

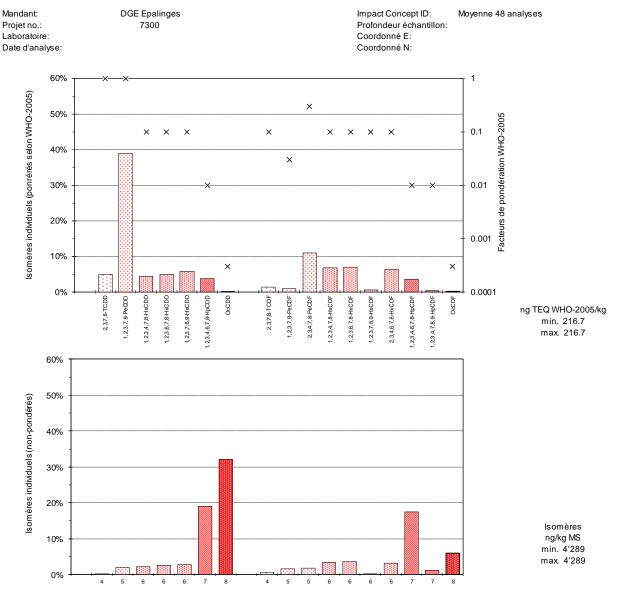
- [1] 1877-Vaud-Tableau_resultats_congenere_definitif_5aout2021.xlsx
- [2] 1877-Vaud-Tableau_synthese_resultats_definitif_5aout2021.xlsx

Résultats d'évaluation

A partir de la source [1] feuille "Concentrations brutes ng_kg", les présentations graphiques suivantes ont été produites pour chaque analyse du sol (au total 185 analyses) :

- pourcentage de la contribution de l'équivalent toxique selon WHO-2005 (TE WHO-2005) de chacun des 17 dioxines et furanes quantifiées rapporté à l'équivalent toxique total.
- pourcentage de la contribution de chacun des 17 dioxines et furanes quantifiées sans pondération selon WHO-2005 rapporté à la somme non-pondérée.

La figure suivante montre les deux représentations pour la moyenne de tous les échantillons de sol chargés de plus de 100 ng (TE WHO-2005)/kg MS.

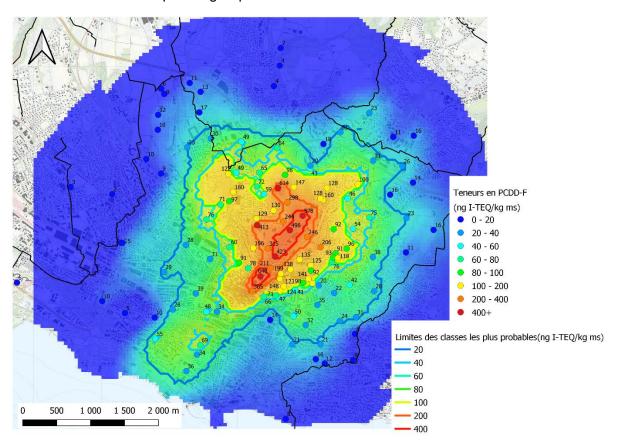


Comme le montre la représentation ci-dessus, le penta-chloro-dioxine représente 38.9 % du TE WHO-2005, suivi du 2,3,4,7,8-penta-chloro-furane avec 10.9 %. Cette distribution du TE est remarquable parce que les incinérateurs d'ordures ménagères montrent généralement moins de penta-chloro-dioxine mais plus de 2,3,4,7,8- penta-chloro-furane.

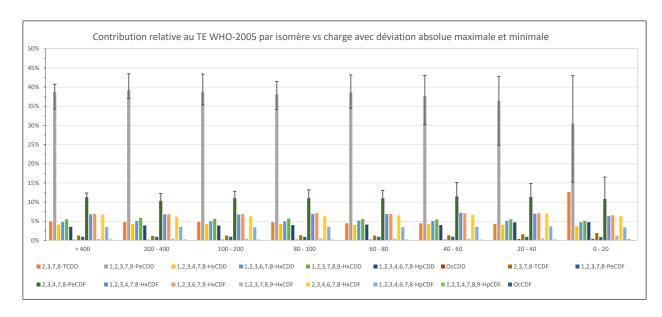
En ce qui concerne la représentation des 17 dioxines et furanes non pondérées, les plus représentés sont par ordre décroissant l'octa-chloro-dioxine (32.7 %), le hepta-chloro-dioxine (19.3 %), le 1,2,3,4,6,7,8-Hepta-chloro-furane (17.3 %) et l'octa-chloro-furan (5.6 %). Cette distribution est aussi différente des incinérateurs d'ordures ménagères qui montrent la succession octa-chloro-dioxine, octa-chloro-furan et 1,2,3,4,6,7,8-Hepta-chloro-furane.

Les échantillons ont été regroupés dans les deux classes d'échantillons selon les données fournies (source [2]) (>100 ng I-TEQ/kg et 20-100 ng I-TEQ/kg).

Le bureau eOde a établi des cartes de la distribution des contaminations basées sur un nombre de classes de teneurs plus important (voir figure suivante). A des fins de cohérence, les mêmes classes ont été utilisées pour regrouper les échantillons.

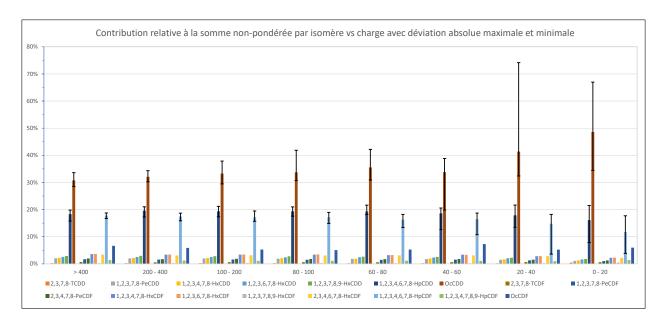


Les outils à disposition d'Airmes SA ne permetent que de représenter graphiquement les analyses l'une après l'autre, ce qui n'est pas adapté lorsqu'il faut en comparer une grande quantité. Pour cette raison une nouvelle feuille de calcul a été programmée pour permettre de représenter simultanément la distribution des dioxines et furanes.



La figure ci-dessus montre la contribution relative de chacun des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés au TE WHO-2005 pour les huit classes de contamination du sol choisi par eOde. Les profils se basent sur les moyennes par classe avec l'indication de la gamme des valeurs dans chaque classe par composé quantifié. La figure montre que la variabilité dans les classes augmente inversement avec la charge du sol (anti-corrélation ou corrélation négative), ce qui signifie en claire que plus la contamination des sols est élevée, plus la distribution des dioxines et furanes est stable.

Le calcul de la contribution relative de chaque des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés à la somme non-pondérée selon WHO-2005 est représenté dans la figure ci-après :



Le deux figures montrent des profils très similaires au moins pour les trois premières classes de contamination (> 100 ng/kg MS). En principe la classe 80 à 100 ng/kg MS pourrait aussi être intégrée. Toutefois comme l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1^{er} juillet 1998 (Etat le 12 avril 2016) définit en annexe 2, chiffre 11, pour les dioxines et furanes une valeur d'assainissement au-dessus de 100 ng TE/kg MS pour les places de jeu et des jardins privés et familiaux, la moyenne des échantillons chargés de plus que 100 ng TE/kg MS a été retenue comme référence pour les investigations suivantes.

Page: 7 de 32

L'empreinte des dioxines et furanes observés dans les différentes classes d'échantillons (à l'exception des classes 0 – 20 et 20 – 40 ng TE/kg MS) étant très semblables, il est très probable que l'origine de la contamination soit un même endroit. Comme la contamination est une sorte de somme d'immissions sur une longue durée, il est probable qu'il s'agisse d'une seule source. Si plusieurs sources étaient à considérer, ces sources devraient avoir été actives plus ou moins pendant la même période et se trouver proche les unes des autres. Les chapitres suivants étudient les sources historiques connues.

NB: Le deux figures se trouvent aussi en annexes 1 et 2 dans un format plus grand.

4.2. UIOM du Vallon: plausibilité d'être la source de la contamination

Documents utilisés pour l'expertise

- [3] Résumé Archives DIREV.ppt
- [4] 1980 Article Lausanne traitement des fumées.pdf
- [5] Mesures_EMPA_1976.pdf
- [6] Mesures_VD_1982 (24.11.82).pdf
- [7] BAFU: DIOXINE UND FURANE- HEUTE NOCH EIN THEMA? Zusammenfassung, zum 10/11/09, Abfalltechnik, Nina Küng, https://www.avut.ch/downloads/231109/ Referat Dioxin NKueng.pdf
- [8] 1996_Courrier analyse rejet eaux analyses dioxine.pdfEtat de la technique de l'UIOM du Vallon de 1958 à 2009

Une recherche historique effectuée dans les archives de la DGE-DIREV [3] sur les activités dans le secteur du Vallon fait apparaître entre autres l'UIOM du Vallon. Cette installation d'incinération d'ordures ménagères a été mise en service en 1958 et traitait environ 48'000 t/OM par an. Les deux fours d'incinération brûlaient les ordures à une température d'environ 900°C, ce qui permet de détruire tous les composées organiques. Après la chambre de combustion, la chaleur était récupérée dans une chaudière verticale. Le fumées entraient ensuite à 290 – 300°C pour nettoyage dans un filtre électrostatique à deux champs et à lamis tournants [4]. Les fumées des deux lignes étaient rejetées dans l'atmosphère par une cheminée commune de 80 m de hauteur à une température d'environ 300°C [5].

Le traitement des fumées a fait l'objet de divers assainissements pendant les décennies d'activités de l'UIOM [3].

- 1960 1962 : Diverses optimisations du traitement des cendres après plaintes des voisins.
- 1966 : Mise en service d'un troisième électrofiltre.
- 1982 : Mise en service d'un lavage des fumées par voie humide (venturi électrodynamique) avec rejet des eaux de lavage dans les eaux usées (EU). Température des fumées 62°C [6].
- 1997 : Mise en conformité du traitement des cendres d'électrofiltres : arrêt des rejets d'eaux de lavage des électrofiltres vers le STEP.
- 2000 : Projet de remplacement de la ligne d'incinération, d'adjonction d'une DeNOx et de mise hors service des électrofiltres de 1958 (modifications non réalisées)
- 2005 2006 : Cessation de l'activité et mise en service de l'usine de Tridel.

Selon [7] il y a trois mécanismes de formation de dioxines et furanes dans le processus de combustion des déchets ménagères, qui ne s'excluent pas mutuellement :

- combustibles préchargés en dioxines et furanes, par exemple vieux PVC avec des impuretés. A des températures de combustion normales (> 850°C pendant au moins 2 secondes), les dioxines et furanes peuvent être détruit.
- formation à partir de précurseurs tels que chlorophénol, chlorobenzène ou éther de diphénol. Dans la zone de refroidissement à 250-450 °C des dixones et furanes peuvent se former aux surfaces actives des particules de cendres volantes (particules de suie) sous action catalytique de chlorures métalliques.

- formation de Novo dans la « fenêtre de température de la dioxine » de 300-600°C en présence de carbone, hydrogène, oxygène et chlore. Via le benzène, la dibenzodioxine peut y être formé. A l'aide catalytique de cuivre élémentaire du chlore peut être utilisé pour la chloration afin de former des dioxines et furanes. Ce processus de formation est fréquent. Presque toutes des dioxines et furanes dans les fumées des incinérateurs d'ordures ménagères ont pour origine une formation de Novo après la chambre de combustion, normalement dans la chaudière.

Sur la base des mesures sur trois fours d'incinération d'ordures ménagères dans deux différentes sites en Suisse (mesures Dr. Graf AG et Airmes SA), la partie des dioxines et furanes liée à des poussières dans les fumées après électrofiltre se monte à moins de 10 % des dioxines et furanes détectées au totale.

Résultats concernants l'UIOM du Vallon comme source de la contamination

Pendant toute la durée d'activité de l'UIOM du Vallon, seule une analyse de dioxines et furanes a été effectuée. Il s'agit d'une analyse des eaux résiduaires prélevées sur le trop-plein du rinçage des électro-filtres en 1996 [8]. Cette analyse a été réalisée suite à une recherche de l'office fédérale de l'environnement sur les concentrations de dioxines et furanes dans des boues de STEP, qui révélait une contamination exceptionelle des boues de STEP de Vidy en dioxines et furanes.

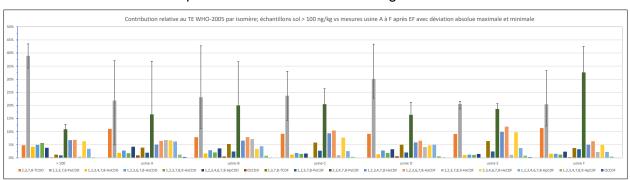
En raison du manque d'informations, la question du lien entre les émissions dans l'air et dans l'eau de l'UIOM du Vallon et la contamination des sols a dû être abordée par une méthode indirecte. C'est la méthode de substitution des émissions de l'UIOM du Vallon qui a été appliquée.

Substitution des émissions de l'UIOM du Vallon par d'autres incinérateurs Suisses

Grâce aux mesures des dioxines et furanes effectuées par les compagnies Dr. Graf AG, Gerlafingen, et Airmes SA, Kirchberg, dans différentes usines d'incinération d'ordures ménagères, notamment après les électrofiltres, des profils de dioxines et furanes étaient disponibles pour comparaison avec les profils analysés dans les sols lausannois.

Les mêmes représentations grafiques des empreintes des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés que celles figurant au chapitre précédent ont été calculées pour les moyennes des mesures après électrofiltre de six UIOM en Suisse.

La figure suivante compare la contribution relative de chaque dioxine et furane quantifié en TE WHO-2005 pour la moyenne des échantillons des sols contaminés par plus que 100 ng TE WHO-2005/kg MS aux moyennes des analyses effectuées après l'électrofiltre des six usines dont les données étaient disponibles avec l'indication de la gamme des valeurs.

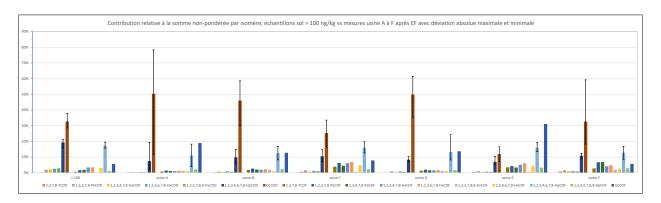


La figure montre que la variation des profils et de la gamme des valeurs entre les différentes usines est importante. Il semble que l'empreinte du sol lausannois ne correspond que peu à ceux des émissions après l'électrofiltre mesurées dans ces usines d'incinération de référence.

Pour quantifier la similarité ou la différence entre les différents profils, les données quantitatives ont fait l'objet d'un traitement complémentaire décrit ci-après.

La méthode se base sur la somme des différences absolues entre chacun des 17dioxines et furanes quantifiés. Si deux traces sont identiques, cette somme est égale à zéro. La valeur maximale de la somme peut monter à 200. L'unité de la somme est en principe le pourcentage, car les empreintes sont exprimées en contributions relatives à la somme des équivalents de toxicité. La même méthode peut être appliquée aux données non-pondérées. Le tableau avec les résultats des calculs de cette de similarité se trouve en chapitre 4.4.

La figure ci-dessous illustre la contribution relative calculée de chaque des dioxines et furanes quantifiés à la somme non-pondérée selon WHO-2005.



Aucune correspondance entre les profils du sol d'une part et des UIOM d'autre part n'apparaît de manière évidente. La grande variabilité des valeurs des usines est sans doute une raison importante.

La situation devient toutefois plus claire à l'aide de la mesure de la similarité présentée au chapitre 4.4.

NB: Les deux figures se trouvent aussi en annexes 3 et 4 dans un format plus grand.

La méthode de substitution ne donne pas un lien évident entre la contamination du sol et les émissions mesureés dans les usines d'incinération de référence.

4.3. Autres usines: plausibilité d'être la source de la contamination Documents utilisés pour l'expertise

[3] Résumé Archives DIREV.ppt

Recherche historique des activités industrielles autours du Vallon

Une recherche historique des activités dans le secteur du Vallon dans les archives DGE-DIREV [3] montre, en plus de l'UIOM du Vallon, la présence des activités industrielles suivantes:

- Environ 1850 : Isler & Cie., puis Georges et François Blattmer, Fabrique de bougies et de savon, Vallée du Flon.
- Environ 1929 : W. Baur, nickelage, usine du Vallon.
- Environ 1955 : André Mordasini, chromage-nickelage, rue de la Borde.
- Temps inconnu : Henri Zurcher, nickelage, rue de la Borde.
- 1929 1955 : Dayer LS, galvanoplastie, rue Saint Martin.
- 1864 1950 : Adolphe Gisling et Pierre Grimbühler, usine Duvillard, fonderie du Vallon ; fonte fer et atelier mécanique ; au site de l'UIOM du Vallon.
- 1901 aujourd'hui : Usine thermo-électrique puis centrale thermique de Pierre de Plan.

Résultats concernants les autres usines comme source de la contamination

Isler & Cie., Fabrique de bougies et de savon, Vallée du Flon

Parmi les procédés de fabrication, seule la production d'énergie pour la fabrication pourrait produire des dioxines et furanes. La quantité d'énergie nécessaire et le niveau des émissions

semblent toutefois trop faible pour être à l'origine de la contamination trouvée dans les sols. En outre l'altitude du Flon (environ 480 m sur mer) et la distance aux sols les plus contaminés (1.5 km, + 150 m élévation) ne correspondent pas à une source dont la portée de l'émission est considérée inférieure à 20 m.

W. Baur, nickelage, usine du Vallon

Le procédé de nickelage (procédé chimique en bain froid) ne permettrait d'émettre que de très petites quantités de dioxines et furanes. L'altitude du Vallon (environ 550 m sur mer) et la distance aux sols les plus contaminés (0.5 km, + 100 m élévation) ne correspondent pas à une source très faible dont la portée de l'émission est considérée inférieure à 20 m.

André Mordasini, chromage-nickelage, et Henri Zurcher, nickelage, rue de la Borde Ces deux compagnies ne peuvent pas être la source de la contamination vue le procédé. En outre la rose des vents exclut la rue de la Borde, parce que la distribution des sols contaminés devrait s'étendre plus vers le sud-ouest.

Dayer LS, galvanoplastie, rue Saint Martin

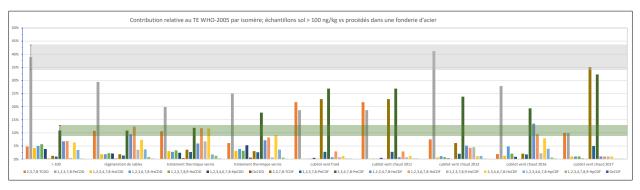
Le procédé de glavanoplastie est le même que celui du chromage ou nickelage. Il ne permettrait d'attendre que de très petites quantités de dioxines et furanes. L'altitude de la rue Saint Martin (environ 510 m sur mer) et la distance aux sols les plus contaminés (1 km, + 100 m élévation) ne correspondent pas à une source très faible dont la portée de l'émission est considérée inférieure à 20 m. En outre la rose des vents exclut cette site.

Fonderie du Vallon ; fonte fer et atelier mécanique ; au site de l'UIOM du Vallon La fonderie Duvillard se trouvait à l'endroit sur lequel fut bâtie plus tard l'UIOM du Vallon. Il n'existe pratiquement aucune information sur cette usine. La question du lien entre la fonderie du Vallon et la contamination des sols a été abordée par une méthode indirecte. Dans ce cas la méthode de substitution des émissions de la fonderie du Vallon a été appliquée.

Grâce aux mesures des dioxines et furanes effectuées par les compagnies Dr. Graf AG, Gerlafingen, et Airmes SA, Kirchberg, dans différentes fonderies de fer appliquant différents procédés, des profils de dioxines et furanes sont disponibles pour la comparaison avec les profils établis pour les sols lausannois.

Les mêmes représentations graphiques des profils des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés que celles figurant au chapitre 4.1 ont été calculées pour les mesures des émissions de différents procédés de fonte d'acier à disposition.

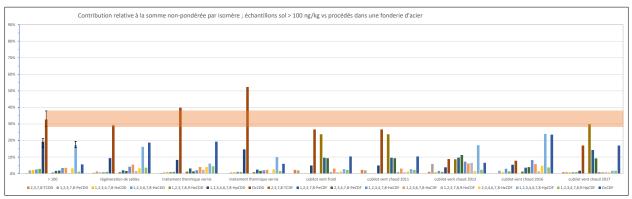
La figure suivante illustre la contribution relative de chaque des dioxines et furanes quantifiés au TE WHO-2005 pour la moyenne des échantillons des sols contaminés par plus que 100 ng TE WHO-2005/kg MS et pour les analyses à disposition avec l'indication de la gamme des valeurs.



La figure montre que la variation des profils entre les différents procédés dans des fonderies de fer est importante. Il semble que le profil du sol lausannois ne corresponde à aucun des autres profils.

Pour quantifier la similarité ou la différence des différents profils, la mesure décrite au chapitre 4.1 a été appliquée. Le tableau avec les résultats des calculs de cette de similarité se trouve au chapitre 4.4.

La figure ci-dessous représente la contribution relative calculée de chaque des dioxines et furanes quantifiés à la somme non-pondérée selon WHO-2005.



La figure montre que la variation des profils entre les différents procédés dans des fonderies de fer est importante. Il semble que le profil du sol ne corresponde à aucun des autres profils. Pour quantifier la similarité ou la différence des différents profils, la mesure décrite en chapitre 4.1 a été appliquée. Le tableau avec les résultats des calculs de cette similarité se trouve au chapitre 4.4.

La méthode de substitution ne montre pas de lien évident entre la contamination du sol et les émissions de fonderies.

NB: Le deux figures se trouvent aussi en annexes 5 et 6 dans un format plus grand.

Usine de Pierre de Plan; centrale thermique; au site de l'UIOM du Vallon Une recherche historique dans les archives DGE-DIREV [3] concernant les activités dans le secteur du Vallon a identifié l'usine de Pierre de Plan.

Historique

- 1901 : Mise en service, cheminée d'une hauteur de 57 m, utilisation de coke.
- 1934 à 1965 : Utilisation de coke, pas de trace d'incinération de déchets.
- Dès 1965 : Les chaudières utilisent du gaz naturel et de l'huile lourde (essentiellement comme combustible de remplacement).
- 1977: Remplacement de l'ancienne cheminée, hauteur actuelle 80 m.
- 1990 à aujourd'hui : Utilisation de mazout extra-léger comme combustible de remplacement.

En raison de l'absence de mesures des émissions et de profils des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés (archives Dr. Graf AG et Airmes AG, recherche internet), il n'est pas possible d'évaluer la plausibilité de cette installation comme source de cette pollution. Toutefois, grâce à des facteurs d'emissions (µg TE/t combustible), une estimation de bilan massique est présentée dans chapitre 4.5.

4.4. Boues de la STEP de Vidy: contribution de l'UIOM du Vallon à la contamination

Documents utilisés pour l'expertise

[9] 1998_Note interne.pdf

[10] 1996_Lettre OFEFP Analyse dioxine.pdf

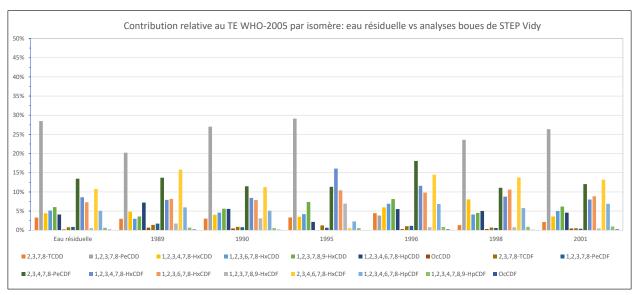
[11] 1996_Courrier analyse rejet eaux analyses dioxine.pdf

[12] Oh et al, 2002, cité en BRGM 2005_RP-53070-FR.pdf, page 26

Résultats basés sur les analyses des boues de STEP et de l'eau résiduaire de l'UIOM

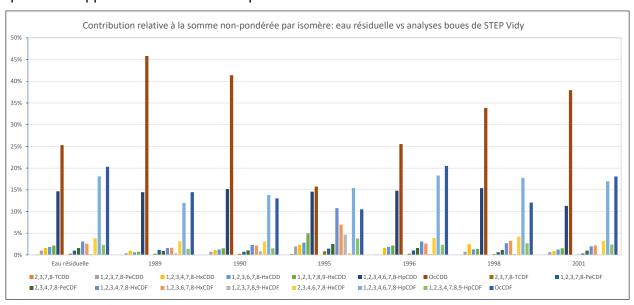
Les mêmes représentations graphiques des profils des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés que celles des chapitres 4.1. et 4.2. ont été effectuées pour l'analyse de l'eau résiduaire de l'UIOM et des analyses disponibles des boues de la STEP de Vidy.

La figure suivante illustre la contribution relative de chaque des dioxines et furanes quantifiés au TE WHO-2005 pour l'analyse de l'eau résiduaire et pour les analyses des boues à disposition. Comme il s'agit d'analyses ponctuelles, il n'est pas possible d'indiquer une gamme des valeurs.



La figure montre qu'il existe une certaine similarité entre les profils dans l'eau résiduaire et l'analyse des boues de 1990.

Pour quantifier la similarité ou la différence des différents profils, la méthode décrite en chapitre 4.1 a été appliquée. Le tableau avec les résultats des calculs de cette de similarité se trouve cidessous, qui illustre la contribution relative calculée de chaque des dioxines et furanes quantifiés rapportée à la somme non-pondérée selon WHO-2005.



La figure montre qu'il existe une certaine similarité entre les profils dans l'eau résiduaire et l'analyse des boues de 1996, et non plus de 1990.

NB: Le deux figures se trouvent aussi en annexes 7 et 8 dans un format plus grand.

Résultats des quantifications des similarités resp. différences des profils des 7 congénères de dioxines et 10 congénères de furanes quantifiés

Le tableau suivant montre les sommes des différences absolues entre chacun des 17 dioxines et furanes analysés. Si deux traces sont identiques, cette somme est égale à zéro. La valeur maximale de la somme peut monter à 200. L'unité de la somme est en principe le pourcentage, parce que les traces des 17 dioxines et furanes quantifiés sont exprimées en contributions relatives à la somme des équivalents de toxicité. La même mesure est aussi appliquée aux données non-pondérées.

Quantifications des similarités resp. différences : valeurs pondérées TE WHO-2005

Le tableau ci-dessous présente les sommes définies ci-dessus pour tous les procédés analysés. Les procédés sont classés selon la valeur croissante de la somme (moyenne).

Source	# échantillons	moyenne	max.	min.
Echantillons sol > 100 ng/kg MS	48	5.1	10.7	2.9
Boues des STEP Vidy 1990	1	10.8		
Boues des STEP Vidy 2001	1	14.1		
Boues des STEP Vidy 1998	1	24.4		
UIOM eau résiduelle 27.08.1996	1	25.0		
Boues des STEP Vidy 1989	1	27.8		
Boues des STEP Vidy 1995	1	38.9		
Fonderie de fer régéneration therm. sables	1	40.3		
Traitement thermique de vernis	2	47.4	57.5	37.3
Usine D après EF	6	48.8	54.4	44.0
Usine E après EF	3	48.8	54.4	44.0
Boues des STEP Vidy 1996	1	49.3		
Feus de bois Australie	4	50.6	62.5	26.0
Vitrage à haute température	1	55.0		
Gazéificateur de bois, moteur à gaz	2	57.7	63.4	51.9
Incinérateur boues de STEP	1	57.8		
Usine C après EF	10	60.6	73.9	37.6
Usine B après EF	23	64.1	94.5	34.2
Usine A après EF	48	66.6	140.9	41.1
Usine F après EF	5	69.2	82.6	51.6
Fonderie de fer, cubilot vent chaud	3	77.8	130.0	47.6
Tridel fumées épurés	30	82.7	148.0	32.5
Usine H cendres lavées	1	92.9		
Usine G cendres EF	2	92.9		
Usine G cendres chaudière	2	92.9		
Usine I cendres lavées	10	93.1		
Fonderie de fer, cubilot vent froid	1	113.1	113.1	113.1
Centrale thermique à bois	1	146.8	146.8	146.8

Les sources indiquées en brun sont liées à l'UIOM du Vallon, à Tridel ou aux boues de STEP. Plus la somme moyenne des sources est basse, plus grande est la similarité des profils pondérés selon TE WHO-2005 de ces sources avec les profils de congénères des échantillons de sol.

A relever que les fumées épurées de l'installation moderne de Tridel n'ont que peu de similarité avec la contamination des sols.

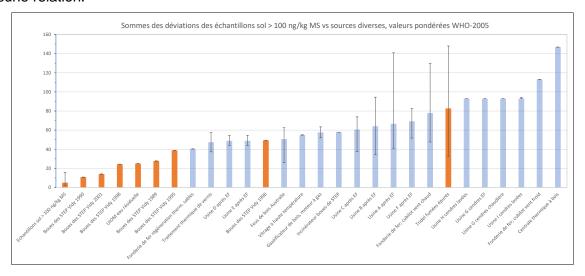
Les analyses des boues de la STEP de Vidy de 1996 et l'analyse de l'eau résiduaires de l'UIOM sont assez différentes. Ceci est surprenant parce que cette analyse devrait justement

correspondre le mieux avec l'eau. Les deux échantillonnages n'ont probablement pas été réalisées simultanément, mais dans la même année. L'analyse des boues ne ressemble pas non plus aux autres analyses de boues réalisées quelques années avant et après 1996.

Les deux analyses de boues de la STEP de Vidy de 1998 et 1989 sont très similaires à l'analyse de l'eau résiduaire de l'UIOM.

Il semble que les échantillons des sols et les échantillons des boues se ressemblent. Une explication possible est la contribution directe de l'UIOM du Vallon (lavage des filtres), mais c'est en contradiction avec les analyses des boues et de l'eau résiduaire de la même année. Une autre explication qui est en conformité avec les analyses plus récentes est une contamination indirecte des boues par des poussières (retombées atmosphériques) contaminées entraînées dans le réseau de canalisations aboutissant à la STEP de Vidy. Comme les dioxines et furanes se trouvent adsorbés à plus de 90 % à des particules < 2.1 μm [12], il semble plausible qu'il se déroule un enrichissement dans les boues.

La figure suivante montre les mêmes données. Les colonnes brunes sont reliées d'une manière ou d'une autre à l'UIOM de Vallon, à Tridel et aux boues de STEP, les colonnes bleus n'ont aucune relation.



Quantifications des similarités resp. différences : valeurs non-pondérées TE WHO-2005

Le tableau ci-dessous présente les sommes pour tous les procédés analysés. Les procédés sont classés selon la valeur croissante de la somme (moyenne).

Source	# échantillons	moyenne	max.	min.
Echantillons sol > 100 ng/kg MS	48	5.5	10.9	2.3
Boues des STEP Vidy 1996	1	1.8		
Boues des STEP Vidy 1998	1	23.2		
Boues des STEP Vidy 2001	1	25.5		
Boues des STEP Vidy 1990	1	34.5		
UIOM eau résiduelle 27.08.1996	1	34.8	35.0	34.7
Fonderie de fer régéneration therm. sables	1	40.7		
Boues des STEP Vidy 1989	1	41.7		
Usine C après EF	10	47.0	73.3	29.9
Traitement thermique de vernis	2	51.1	59.5	42.8
Boues des STEP Vidy 1995	1	51.2		
Gazéificateur de bois, moteur à gaz	2	53.2	53.8	52.5
Usine B après EF	23	53.7	75.7	31.7
Usine D après EF	6	58.6	69.7	43.6

Source	# échantillons	moyenne	max.	min.
Usine E après EF	3	58.6	69.7	43.6
Usine F après EF	5	58.9	68.8	42.5
Centrale thermique à bois	1	62.3		
Vitrage à haute température	1	65.7		
Usine A après EF	48	69.2	115.2	32.9
Tridel fumées épurés	30	73.4	185.4	33.1
Incinérateur boues de STEP	1	90.0		
Usine H cendres lavées	1	92.3		
Usine G cendres EF	2	92.3		
Usine G cendres chaudière	2	92.3		
Usine I cendres lavées	10	92.5	92.7	92.3
Fonderie de fer; cubilot vent froid	1	93.8		
Fonderie de fer; cubilot vent chaud	3	99.7	124.8	84.3
Feus de bois Australie	4	104.1	120.6	76.6

Les sources indiquées en brun sont liées à l'UIOM Vallon, à Tridel ou aux boues de STEP. Plus la somme moyenne des sources est basse, plus grande est la similarité des profils non-pondérés de ces sources avec les profils des échantillons de sol.

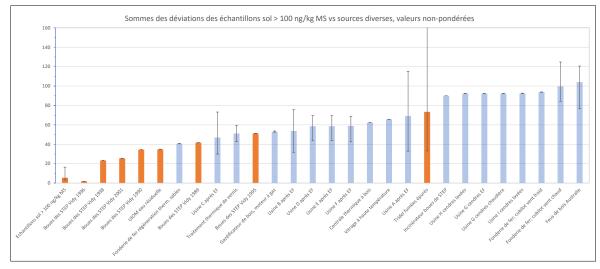
A relever que les fumées épurés de l'installation moderne de Tridel n'ont que peu de similarité avec la contamination des sols, comme cela a déjà été constaté pour les analyses pondérées TE WHO-2005.

L'analyse des boues de la STEP de Vidy de 1996 se situe très proche des analyses des sols, si les résultats ne sont pas pondérées selon TE WHO-2005. Cette analyse des boues ne ressemble pas non plus aux autres analyses de boues réalisées quelques années avant et après 1996.

L'analyse de boues de STEP Vidy de 1990 est très similaire à l'analyse de l'eau résiduaire de l'UIOM.

Il semble que les échantillons des sols et les échantillons des boues se ressemblent, à l'exception de ceux des années 1989 et 1995. Une explication possible est une contamination indirecte des boues par des poussières (retombées atmosphériques) contaminées entraînées dans le réseau de canalisations aboutissant à la STEP de Vidy.

La figure suivante montre les mêmes données. Les colonnes brunes sont reliés d'une manière ou d'une autre à l'UIOM du Vallon, à Tridel ou aux boues de la STEP, les colonnes bleus n'ont aucune relation.



NB: Le deux figures se trouvent aussi en annexes 9 et 10 dans un format plus grand.

4.5. UIOM Vallon: bilan massique des dioxines et furanes

Documents usés pour l'expertise

- [13] <u>Lagerungsdichte Wikipedia</u>
- [14] BRGM 2005_RP-53070-FR.pdf, page 28
- [15] Mes_EMPA_1969.pdf
- [16] Mes_EMPA_1976.pdf
- [17] Mes_VD_1982(2).pdf
- [18] Rap_Lab_1983.pdf
- [19] R. Weber, POP Consultant à Schwäbisch Gmünd, communication personelle
- [20] TBF + Partner AG, LEA 2: Neubearbeitung des Projektes "LEA Emissionsfaktoren aus der Abfallverbrennung", Schlussbericht September 2015, Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, page 2, https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/lea_2_neubearbeitungdesprojektesleaemissionsfaktorenausderabfal.pdf.download.pdf

Estimation de la charge des sols par des dioxines et furanes

Le bureau eOde a calculé les surfaces contaminées pour chacune des huit classes de contamination. L'aire corespondant à chaque classe de contamination et le volume de sol pour les épaisseurs 0 – 5 cm, respectivement 0 – 50 cm, sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Classe de contamination du sol	Aire	Volume d'une couche de		
[TE WHO-2005]	[m²]	$0 - 5 \text{ cm } [\text{m}^3]$	$0 - 50 \text{ cm } [\text{m}^3]$	
< 20	23'512'500	1'175'625	11'756'250	
20-40	4'937'500	246'875	2'468'750	
40-60	1'050'000	52'500	525'000	
60-80	167'500	8'375	83'750	
80-100	32'500	1'625	16'250	
100-200	2'497'500	124'875	1'248'750	
200-400	575'000	28'750	287'500	
> 400	285'000	14'250	142'500	

Comme les analyses des sols sont rapportées au kilogramme de matière sèche de sol, les volumes des couches sont à convertir en tonnes. Pour cela il est nécessaire de connaître la densité moyenne des sols. Selon la source [13] les gammes des densités de la matière sèche sont les suivantes :

Charactéristique du sol	Densitée [t/m³]
Sol sablonneux	1.67 – 1.19
Sol glaiseux	1.96 – 1.19
Limon	1.53 – 1.19
Sol argileux	1.32 – 0.92
Sol organique avec beaucoup de tourbe	0.48 - 0.12
Moyenne sans sol organique	1.37

La charge en dioxines et furanes de chaque classe peut être calculée sur la base des volumes des couches des sol, de la densité moyenne des sols et du TE WHO-2005 de chaque classe de contamination. Alors qu'il existent beaucoup d'analyses pour l'horizon 0 – 5 cm, il n'y a que 13 analyses qui couvrent les profondeurs inférieures. Les profondeurs échantillonnées varient. Le tableau suivant montre les profils, les profondeurs échantillonnées et les concentrations en TE WHO-2005 des échantillons. Trois profils de prélèvements (échantillon no. HE01 et HE02 ; chantiers avec profil perturbé, no. 23 remblai plus ou moins homogène) ne sont pas pris en compte. Le tableau ci-après montre les données disponibles:

Classe [ng TE/kg MS]	20 -	40	40 - 60	60 - 80	80 - 100		100 - 200		200	- 400
Echantillon no.	HE03	VE1	10	8	1-5	9	11	12	13	17
Remarque	chantier		labouré	labouré			labouré	labouré		
Profondeur et valeur d'analyse										
0 - 5									231.7	314.8
5 - 10									270.6	370.6
10 - 20									186.9	165.7
0 - 10		26.5				149.5	144.6			
10 - 30		28.9				65.7	128.3			
0 - 20	38.4		58.1	79.7	92.0			122.1		
20 - 30			55.9	89.8	72.1			52.6	72.8	43.5
30 - 50	15.0	4.1	31.9	48.1	9.9	15.8	28.5	24.8		
Classe [ng TE/kg MS]	20 -	40	40 - 60	60 - 80	80 - 100		100 - 200		200	- 400
Echantillon no.	HE03	VE1	10	8	1-5	9	11	12	13	17
Moyenne < 50 cm	26.7	19.8	48.6	72.5	58.0	77.0	100.5	66.5	190.5	223.6
Moyenne / couche 0										
0 - 5									0.82	0.71
0 - 10		0.75				0.52	0.69			
0 - 20	0.70		0.84	0.91	0.63			0.54		
Rapport pour calcul	0.7	'2	0.84	0.91	0.63		0.58		0.	77

Selon la source [14] les dioxines et furanes se trouvent plus ou moins dans la couche 0-10 cm. Le tableau ci-dessus montre que ceci n'est pas le cas à Lausanne. Pour estimer la concentration moyenne sur une couche 0-50 cm, deux méthodes ont été retenues :

1. Méthode linéaire :

Le rapport moyen de la concentration des dioxines et furanes en TE WHO-2005 sur le profil divisé par la concentration de la couche 0-5 ou 0-10 ou 0-20 cm (celle qui est disponible) donne un facteur de dilution pour la moyenne du profil. Celui-ci peut être utilisé pour le calcul de la contamination totale.

2. Méthode exponentielle :

Comme la contamination des dioxines et furanes s'étend au-delà des 10 cm les plus proches de la surface, il semble probable qu'il existe une sorte de bioturbation par des organismes du sol (notamment les vers de terre). Une telle bioturbation étant assez lente, les profils de profondeur indiquent que la contamination est assez ancienne. Une bioturbation produit un profil de concentration vers la profondeur qui suit une fonction exponentielle. Pour cette raison une allure générale exponentielle des données de chaque profil a été calculée. La concentration moyenne entre $0-50\,\mathrm{cm}$ a été calculée comme l'intégral de la fonction exponentielle entre les valeurs 0 et $50\,\mathrm{cm}$ (surface au-dessous de la fonction), divisée par $50\,\mathrm{cm}$ (longueur de l'intervalle). Le tableau ci-dessous montre les données obtenues :

Classe [ng TE/kg MS]	20	- 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100		100 - 200		200	- 400
Echantillon no.	HE03	VE1	10	8	1-5	9	11	12	13	17
Constante exp.	-0.031	-0.056	-0.02	-0.017	-0.074	-0.065	-0.048	-0.053	-0.055	-0.095
Valeur à 0 cm	52.41	48.96	77.34	106.73	258.30	217.91	228.70	204.77	339.42	554.79
Corrélation	1.00	0.70	0.86	0.67	0.84	1.00	0.86	1.00	0.83	0.84
Valeur 50 cm	11.12	2.98	28.45	45.62	6.39	8.45	20.75	14.47	21.70	4.80
Moyenne 0 à 50 cm	26.6	26.6	48.9	71.9	68.1	64.4	86.6	71.8	115.5	115.8
Moyenne / couche 0	0.69	1.01	0.84	0.90	0.74	0.43	0.60	0.59	0.50	0.37
Rapport pour calcul	0.	85	0.84	0.90	0.74		0.54		0.	.43

3. Comparaison des résultats des deux méthodes : Les deux modèles donnent des rapports pour le calcul qui sont pour certaines charges du sol

assez proches, pour des autres assez différentes, comme le tableau suivant le montre :

Classe [ng TE/kg MS]	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 200			200 - 400	
Echantillon no.	HE03 VE1	10	8	1-5	9	11	12	13	17
Modèle linéaire	0.72	0.84	0.91	0.63		0.58		0	.77
Modèle exponentielle	0.85	0.84	0.90	0.74	0.54		0.54 0.43		.43
Exponentielle / linéaire	1.18	1.01	0.99	1.17	0.92		0	.57	

A l'exception de la couche la plus chargée (200 – 400 ngTE WHO-2005/kg MS), les deux modèles donnent des facteurs de dilution dans une fourchette relative de ±20 %.

La masse correspondant aux deux épaisseurs de couches de sol et selon une densité de 1.37 t/m³ est donnée dans le tableau ci-dessous :

Classe de contamination du sol	Masse d'une couche de		
[TE WHO-2005]	0 – 5 cm [t]	0 – 50 cm [t]	
< 20	1'610'606	16'106'063	
20-40	338'219	3'382'188	
40-60	71'925	719'250	
60-80	11'474	114'738	
80-100	2'226	22'263	
100-200	171'079	1'710'788	
200-400	39'388	393'875	
> 400	19'523	195'225	

La gamme des charges totales de dioxines et furanes en TE WHO-2005 est calculée pour plusieurs scénario :

1. Modèle linéaire, moyennes des couches 0 – 5 cm et moyennes des couches 0 – 50 cm

Classe de contamination du sol	Concentrat	tion PCDD/PCDF [no	Masse TE W	/HO-2005 [g]	
[TE WHO-2005]	0 - 5 cm	Facteur dilution	0 - 50 cm	0 – 5 cm	0 – 50 cm
< 20	9.4	1	9.4	15.1	151.4
20-40	27.7	0.72	20.0	9.4	67.7
40-60	48.3	0.84	40.4	3.5	29.1
60-80	72.4	0.91	65.9	0.8	7.6
80-100	92.9	0.63	58.6	0.2	1.3
100-200	140.3	0.58	82.0	24	140.3
200-400	274.9	0.77	210.7	10.8	83
> 400	527.3	0.77	404.1	10.3	78.9
Somme 0 à > 400				74	559
Somme > 100				45	302

2. Modèle exponentielle, moyennes des couches 0 – 5 cm et moyennes des couches 0 – 50 cm

Classe de contamination du sol	Concentrat	ion PCDD/PCDF [no	Masse TE W	/HO-2005 [g]	
[TE WHO-2005]	0 – 5 cm	Facteur dilution	0 - 50 cm	0 – 5 cm	0 – 50 cm
< 20	9.4	1	9.4	15.1	151.4
20-40	27.7	0.85	23.6	9.4	79.7
40-60	48.3	0.84	40.4	3.5	29.1
60-80	72.4	0.90	65.3	0.8	7.5
80-100	92.9	0.74	68.7	0.2	1.5
100-200	140.3	0.54	75.7	24	129.5
200-400	274.9	0.43	119.1	10.8	46.9
> 400	527.3	0.43	228.4	10.3	44.6
Somme 0 à > 400				74	490
Somme > 100				45	221

Comme le choix du modèle de dilution pour le calcul de la concentration moyenne de la couche 0-50 cm n'influence pas le calcul de la masse des couches 0-5 cm, les valeurs restent les mêmes pour les deux modèles.

Le tableau suivant montre l'importance de la masse TE WHO-2005 pour les six scénario choisi:

Classe de contamination du sol	Masse TE WHO-2005 [g]		
[TE WHO-2005]	0 – 5 cm	0 – 50 cm	0 – 50 cm
		linéaire	exponentielle
Somme 0 à > 400	74	559	490
Somme > 100	45	302	221

Estimation des émissions de dioxines et furanes par l'UIOM du Vallon

Il n'existe malheureusement qu'une seule analyse de dioxines et furanes liée directement à l'UIOM du Vallon, soit l'analyse des eaux résiduaires du lavage des lamis tournants de 1996. Il existent également des mesures des émissions effectuées sur les années 1967 [15], 1976 [16], 1982 [17] et 1983 [18]; ces mesures ne contiennent que des informations relevantes sur le débit volumique, la température des fumées et la concentration des poussières. Les autres paramètres mesurés ne sont pas pertinent des émissions de dioxines et de furanes.

Le tableau suivant résume les résultats des mesures des émissions :

Année de mesure	1967	1976	1982	1983	1983
Débit volumique [m³/h n,sec]	81'500	47'600	50'600	60'000	60'000
Température fumées [°C]		298	250	290	290
Poussières [mg/m³ _{n,sec}]	214	260	326	242	825
Etat de fonctionnement	EF 1 + 2	EF perturbé	3 EF + laveur +suie	EF 1 + 2 + 3	sans EF
Masse TE [µg/h] par poussières	733	523	695	611	2'086
Concentration fumées [mg TE/m ₃]	9.0	11.0	13.7	10.2	34.8
Masse TE [g/a] à 6'200 h/a	4.5	3.2	4.3	3.8	12.9

n, sec : état normalisé (0°C, 1'013 mbar), fumées secs

La masse TE par poussières est calculée à l'aide du débit massique des poussières, des mesures des émissions et de l'analyse de l'eau résiduaire qui est interprétée comme analyse de cendres des électrofiltres de l'UIOM du Vallon (42'148 ng TE WHO-2005/kg MS).

M. Weber [19] a fourni les informations suivantes :

- les incinérations d'ordures ménagères des années 1950 à 1980 pouvaient avoir eu des émissions considérables de dioxines et furanes, si l'électrofiltre était opéré à des températures supérieures à 250°C.
- à des concentrations de 100 ng TE/m³, des débits de dioxines et furanes en TE de 100 g/a étaient possibles.
- l'auteur a mesuré une installation d'incinération d'ordures ménagères avec des concentrations de dioxines et furanes dans les émissions pouvant atteindre 1'000 ng TE/m³.

Sur la base de ces informations un scénario supplémentaire extrème a été calculé avec les valeurs suivantes :

- débit volumique moyen des mesures 1967 à 1983 : 59'940 m³/h_{n, sec}
- concentration des dioxines et furanes dans les émissions : 100 ng TE/m³ n,sec

Tenant compte de ces données et des heures d'opération de 6'200 h/a, la masse TE annuelle s'élève à 37.2 g/a.

Bilans de masse dans les sols et des différents scénarios pour l'UIOM du Vallon

La masse TE annuelle moyenne s'élève à 4.0 g TE/a selon les calculs de la masse correspondant aux mesures 1967 à 1983 (en excluant la mesure pendant la défaillance des électrofiltres [dernière colonne dans le tableau ci-dessus]). Avec l'hypothèse d'une défaillance des électrofiltres pendant 20 % du temps, cette valeur s'élève alors à 5.8 g TE/a. Le troisième scénario correspondant aux informations de M. Weber donne une masse TE annuelle de 37.2 g TE/a. La comparaison du sénario 5.8 g TE/a (basé aux émissions de poussières chargés de dioxines et furanes) avec le scénario de M. Weber implique une fraction des dioxines et furanes non-liées à des poussières de 89 %. Cela vérifie le résultat dérivé en chapitre 4.2.

Selon [20] les émissions de dioxines et furanes par tonne de déchets ménagères augmentent d'environ 10 % pendant les phases de démarrage et d'arrêt du four comparé à la marche normale. Ces valeurs se basent à des mesures d'incinérateurs modernes. En cas de l'UIOM du Vallon qui avait probablement plus d'émissions de dioxines et furanes en marche normale, les phases de démarrage et de l'arrêt étaient encore moins importantes.

La division de la masse totale dans le sols [selon les six scénarios présentés ci-dessus] par la production de dioxines et furanes par an [selon les trois scénarios des émissions] fournit la durée d'exploitation de l'UIOM du Vallon nécessaire pour produire la contamination trouvée dans les sols.

Le tableau suivant montre ces résultats :

	Masse totale dans les sols en TE WHO-2005/kg MS							
Scénario [g TE total]	45	74	221	302	490	559		
Masse TE [g/a]	Années d'opération de l'UIOM nécessaires pour l'explication de la contamination des sols							
4.0	11	19	56	76	123	141		
5.8	8	13	38	52	85	97		
37.2	1	2	6	8	13	15		

Ces valeurs sont à comparer avec les années d'exploitation de l'UIOM du Vallon qui s'élèvent au total à 47 ans (1958 – 2005). Si seules les années sans lavage humide des fumées sont considérées (1958 – 1982), la durée d'exploitation se réduit à 24 ans. Il est à attendre que le venturi électro-dynamique (lavage par voie humide) installé en 1982 a réduit les émissions entre 75 et 95 %. Dépendant à la construction du lavage et les variations de la charge en dioxines et furanes le laveur peut être une source de dioxines et furanes (pouvoir séparateur négatif) pendant quelques jours après une charge élevée.

Le calcul des émissions pour 24 ans par exemple à 4 g TE par an, 8 ans à 25 % de 4 g TE/an (réduction par 75 %) et de 6 ans à 2.5 % de 4 g TE/an (réduction par facteur 40) résulte en 84 % des émissions totales pendant les années 1958 à 1982.

Dans le tableau ci-dessus, les résultats des combinaisons de scénarios qui sont compatibles avec une durée d'opération de 24 ans sont indiqués en vert, alors que les résultats qui sont expliqués par toute la durée d'exploitation de 47 ans sont indiqués en bleu.

Le scénario des émissions à 100 ng TE/m³ peut expliquer toutes les estimations du contenu de dioxines et furanes des sols.

Si seule la charge de la couche 0 - 5 cm du sol par des dioxines et furanes est prise en considération, chaque scénario d'émissions peut expliquer la contamination.

Estimation des émissions de dioxines et furanes par l'usine de Pierre de Plan Documents usés pour l'expertise

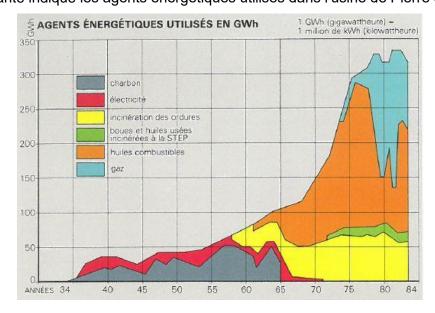
- [21] Histoire usine Pierre de Plan.pdf
- [22] Heizwerte/-äquivalente AGRAR PLUS Die Projektentwickler in Niederösterreich
- [23] Grzegorz Wielgosiński (2011) The Reduction of Dioxin Emissions from theProcesses of Heat and Power Generation, Journal of the Air & Waste Management Association, 61:5, 511-526: https://doi.org/10.3155/1047-3289.61.5.511

Histoire de l'usine Pierre de Plan

Selon [21] l'usine de Pierre de Plan se développait comme suit :

- 1901 1933 : centrale électro-thérmique équipée de deux chaudières Guilleaume et d'une chaudière Niclausse produisant chaque 4 t de vapeur par heure à 11 bar et 220°C (en total environ 10 MW)
- 1934 : installaiton d'une chaudière Sulzer, 20 t vapeur/heure, 45 bar, 415°C (18 MW)
- 1946 : installation d'une chaudière à vapeur 17.5 MW
- 1965 : installation d'une chaudière à vapeur 29 MW, substitution du combustible charbon ou poussière de coke.

La figure suivante indique les agents énergétiques utilisés dans l'usine de Pierre de Plan [21] :



Pendant la période de 1934 à 1965, ce sont en moyenne environ 25 GWh de charbon qui ont été utilisées. Tenant compte de la puissance calorifique de charbon (8.06 MWh/t, [22]) cette énergie correspond à une consommation moyenne de charbon d'environ 3'100 t/a, ou pour toute la période 1934 à 1965 de 96'000 t de charbon. Selon l'article [23] le facteur d'émissions de dioxines et furanes par tonne de charbon s'élève à à 42.8 ng TEQ/t (20 – 100 ng TEQ/t).

La production de dioxines et furanes totale sur la période 1934 à 1965 s'élève à 4.1 mgTEQ (1.9 – 9.6 mgTEQ). Cette valeur se trouve plus que 1'000 fois au-dessous de la charge calculée pour la contamination des sols. Il est donc exclu que l'usine de Pierre de Plan soit la source de la contamination des sols.

Profession de foi d'Airmes SA en faveur de l'indépendance:

La compagnie Airmes SA a réalisé les mesures en indépendance complète du client et de tiers. Cela signifie que l'Airmes SA ni demande, ni accepte des instructions d'aucun organisme qui pourrait perturber le jugement technique. L'Airmes SA n'est d'aucune manière engagé dans le développement, la production, la commercialisation, le montage, l'achat, l'utilisation ou la maintenance des installations ou des systèmes à mesurer.

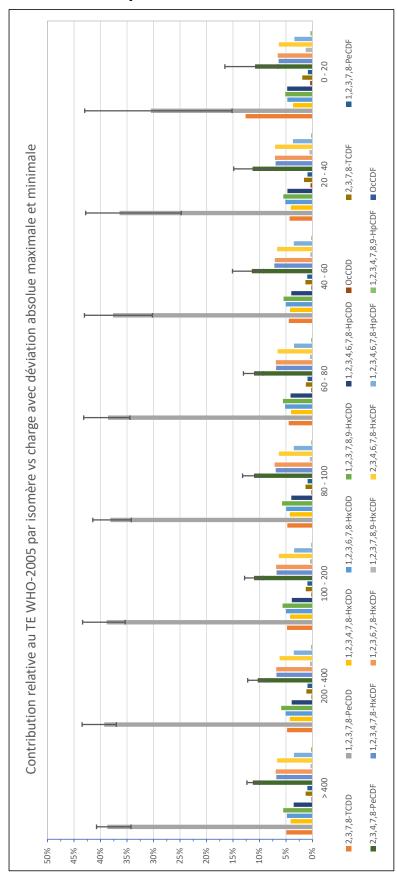
Kirchberg, le 30 novembre 2021

Airmes SA Mesures de la qualité de l'air et consultations 3422 Kirchberg

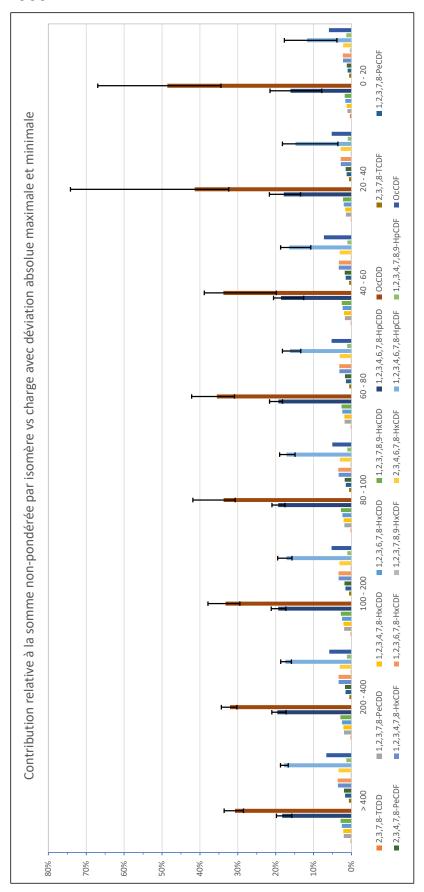
Dr. M. Andrée

Annexes

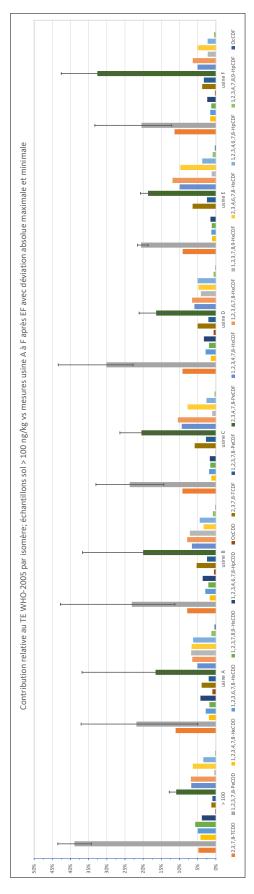
Annexe 1: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés au TE WHO-2005 pour huit classes de contamination du sol



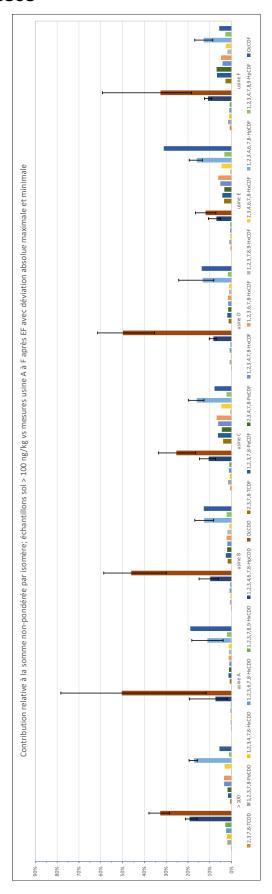
Annexe 2: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés pour huit classes de contamination du sol sans pondération selon WHO-2005



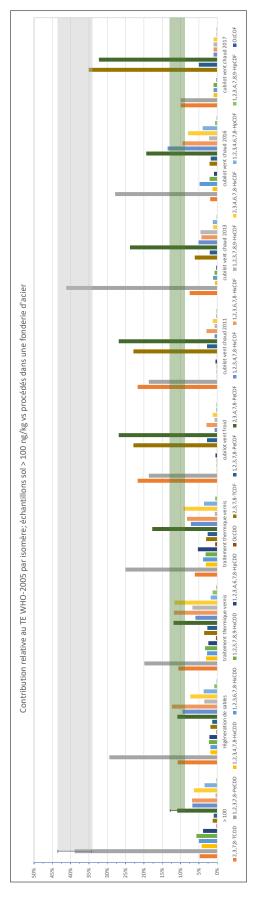
Annexe 3: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés au TE WHO-2005; échantillons sol > 100 ng TE/kg MS et six UIOM Suisses



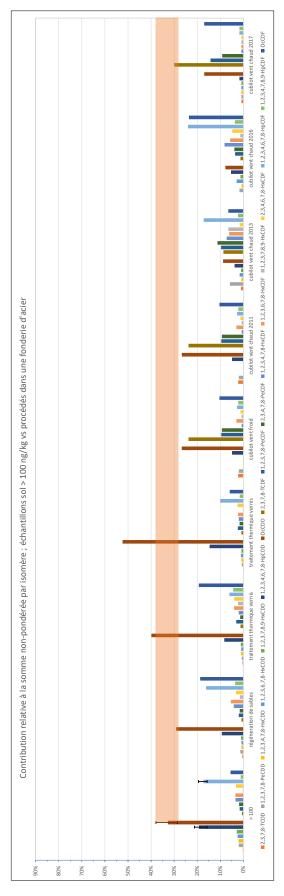
Annexe 4: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés à la somme non-pondérée; échantillons sol > 100 ng TE/kg MS et six UIOM Suisses



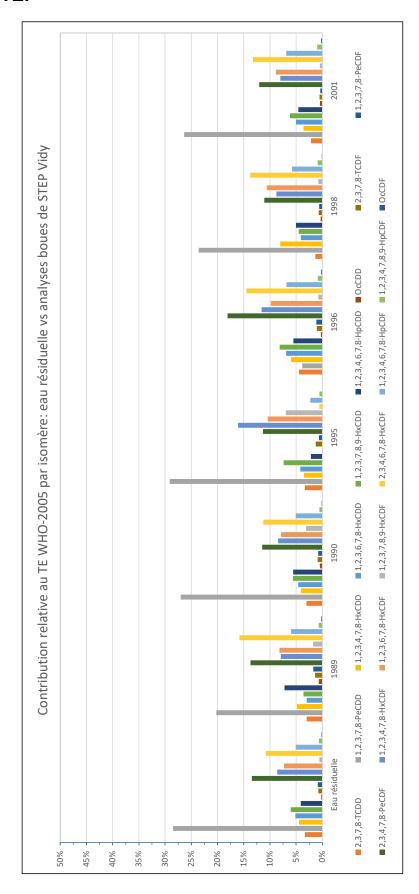
Annexe 5: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés au TE WHO-2005; échantillons sol > 100 ng TE/kg MS et procédés fonderies de fer



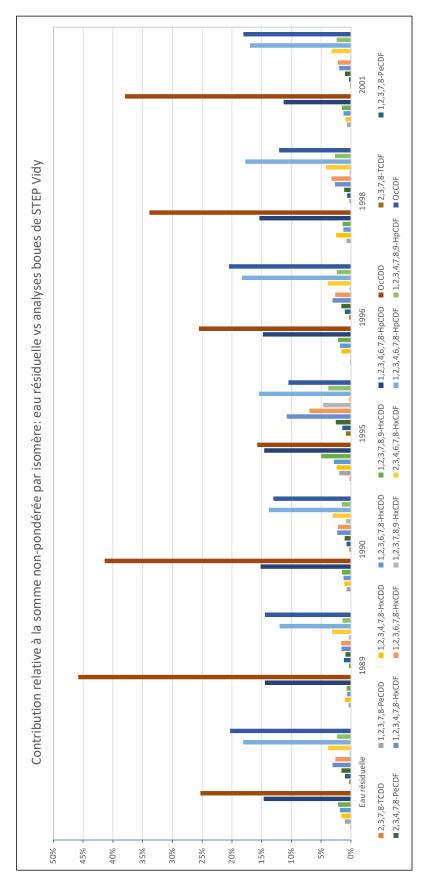
Annexe 6: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés à la somme non-pondérée; échantillons sol > 100 ng TE/kg MS et et procédés fonderies de fer



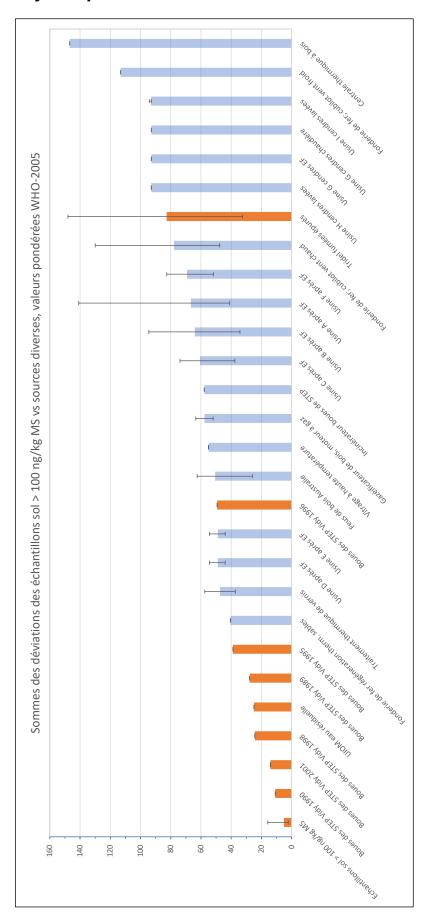
Annexe 7: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés au TE WHO-2005; échantillon eau résiduelle et analyses des boues de STEP



Annexe 8: contribution relative de chaque des dioxines et furanes analysés à la somme non-pondérée; échantillon eau résiduelle et analyses des boues de STEP



Annexe 9: sommes des différences absolues de chaque des dioxines et furanes analysés pondéré TE WHO-2005



Annexe 10: sommes des différences absolues de chaque des dioxines et furanes analysés non-pondéré TE WHO-2005

