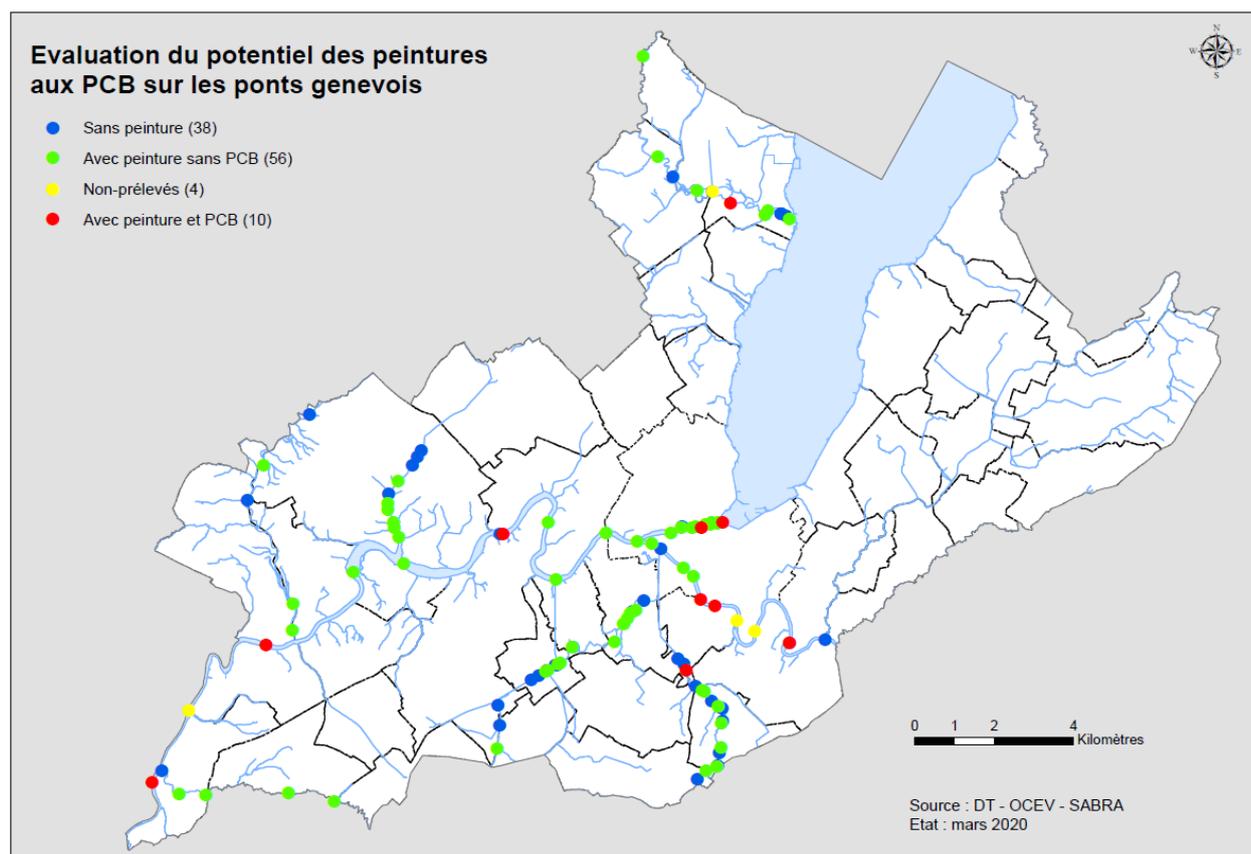




Service de l'air, du bruit  
et des rayonnements  
non ionisants (SABRA)  
Case postale 78  
1211 Genève 8

# Rapport d'évaluation de peintures PCB sur les principaux ponts situés au-dessus de cours d'eau à Genève



**Réf.** Rapport d'évaluation de peintures PCB sur les principaux ponts situés au-dessus de cours d'eau à Genève\_final

Etabli le 17.04.2020

Rédigé par Y. Muller et Ph. Favreau

Vérifié par Ph. Favreau

## 1. RÉSUMÉ

Une campagne d'évaluation de peintures susceptibles de contenir des PCB a été menée de novembre 2015 à mars 2016 sur 108 ouvrages d'art situés dans le canton de Genève, à partir d'un ensemble de 345 ponts, viaducs et passerelles. Une sélection de 51 ponts a ensuite été réalisée sur la base de la date de construction (avant 1986), de l'occurrence de peinture, de la présence de cours d'eau au potentiel piscicole, de l'importance de l'ouvrage, de l'accessibilité de l'ouvrage et, enfin, des autorisations des propriétaires.

Au total, 281 échantillons ont été prélevés sur 50 ponts représentant une moyenne de 5,5 échantillons/ponts avec un minimum de 1 et un maximum de 20 échantillons/pont. Un ouvrage ayant préalablement été échantillonné par un bureau d'expert, il n'a pas fait l'objet d'un nouvel échantillonnage lors de cette étude. Les peintures des objets ont été échantillonnées sur des substrats métalliques, en béton ou en bois.

Les résultats indiquent que 30% des ponts échantillonnés (n=51) contiennent au moins un objet dont la peinture contient des PCB au-dessus de la limite de détection, soit 15 ppm. Lorsque l'on considère les peintures avec une teneur supérieure à 100 et 1'000 ppm, la proportion de ponts concernés est de 20 et 16% respectivement. Pour ces ouvrages avec peintures PCB (> 100 ppm), les dates de construction s'établissent toutes avant 1971, soit en accord avec les restrictions d'utilisation des peintures avec PCB (1975). Enfin, les peintures avec PCB ont été identifiées exclusivement sur des supports métalliques, et les ponts concernés sont répartis de manière aléatoire sur le canton.

## 2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

### CONTEXTE

Composés de 209 molécules organiques chlorées, les polychlorobiphényles (PCB) sont des mélanges synthétiques complexes. Ils se présentent sous forme d'un liquide huileux dont la production mondiale a débuté en 1929 et est estimée à 1.3 million de tonnes [1]. Excellents conducteurs thermiques et isolants électriques, les PCB ont par exemple été massivement utilisés dans les transformateurs et condensateurs. Les PCB ont également été ajoutés à des masses d'étanchéité de joints [2, 3] et à des peintures [4, 5]. Les ouvrages d'art métalliques, et particulièrement les ponts, sont donc potentiellement concernés par ces substances.

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des polluants organiques persistants, inscrits depuis 2001 à l'annexe A de la Convention de Stockholm, signifiant leur interdiction de commerce et leur élimination au niveau mondial [6]. Les PCB sont toxiques pour l'homme et l'environnement, ubiquitaires sur le globe, et font partie des contaminants persistants actuellement surveillés de la chaîne alimentaire. Du point de vue de la toxicologie humaine, les PCB sont des perturbateurs hormonaux et cancérigènes avérés, classés dans la catégorie 1 du CIRC [7, 8]. De plus, lors d'une combustion (incendie ou incinération à basse température, i.e. < 450°C), les PCB forment des dioxines et des furanes dont le potentiel cancérigène et toxique est extrêmement important.

Interdits en Suisse en 1972 dans les systèmes ouverts (joints, peintures, etc.), puis totalement interdits en 1986, les PCB restent néanmoins toujours présents dans les matériaux de construction qui ont été posés avant leur interdiction. Les PCB présents au niveau des ponts constituent une source potentielle de contamination de l'environnement, lors de travaux de rénovation ou en présence de peinture dégradée.

Il est établi que des PCB ont été utilisés dans des peintures comme agents plastifiants ou ignifuges, en particulier dans des revêtements anticorrosion sur des ouvrages métalliques extérieurs, afin de procurer une meilleure résistance aux aléas météorologiques. Dans ce cadre, l'OFEV a donné des lignes directrices et une base de planification concernant les travaux sur les protections anticorrosion des objets exposés aux intempéries [9-11].

Or dans le cadre d'un diagnostic PCB avant travaux, les peintures ne sont généralement pas prélevées sur le canton de Genève, notamment par manque de données fiables sur l'occurrence de PCB dans ces objets.

On distingue les sources primaires et secondaires de peintures PCB. Les sources primaires correspondent à des peintures avec ajout intentionnel de PCB lors de la fabrication, qui contiennent généralement plus de 1'000 ppm de PCB. Les sources secondaires sont des peintures où la présence de PCB, généralement inférieure à 1000 ppm, découle usuellement d'une contamination par une autre source. L'évaluation précise de sources primaire et secondaire doit cependant tenir compte de la teneur exacte en PCB dans la peinture considérée, et de l'historique de l'objet et des ouvrages d'art (notamment lors de travaux de rénovation).

Parallèlement à cette campagne, une évaluation portant sur l'évaluation de peintures PCB dans l'environnement bâti à Genève a également été entreprise (cf. Rapport d'évaluation de peintures PCB dans l'environnement bâti à Genève) [12].

## OBJECTIFS

Cette étude vise à documenter l'occurrence de peintures PCB sur les principaux ponts situés au-dessus de cours d'eau à Genève, et également de déterminer leurs états de dégradation.

Les résultats sont ensuite transmis aux propriétaires des ouvrages d'art afin de prévenir les contaminations et les expositions aux substances dangereuses. Cette démarche permettra également de pouvoir les sensibiliser sur le risque lors de travaux, et de renforcer la campagne de communication pour des "travaux-sans-danger" ([www.travaux-sans-danger.ch](http://www.travaux-sans-danger.ch)).

## 3. MÉTHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE

La réalisation de l'inventaire des principaux ouvrages d'art du canton de Genève et les prélèvements de leurs peintures se sont déroulés entre novembre 2015 et mars 2016. La phase d'échantillonnage a été pilotée par le service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants (SABRA) en collaboration avec un bureau d'ingénieur en environnement du canton de Genève.

Tout d'abord, sur la totalité des 345 ponts, viaducs, passerelles, ponceaux et voûtages existants dans le canton de Genève, 108 ouvrages ont été sélectionnés sur la base de la présence d'un cours d'eau, de son importance et du potentiel piscicole.

Les ponts situés sur 8 cours d'eau suivants ont été investigués, avec le nombre d'ouvrages évalués:

- *Le Rhône : 23 ouvrages ;*
- *L'Arve : 11 ouvrages ;*
- *L'Aire : 22 ouvrages ;*
- *L'Allondon : 5 ouvrages ;*
- *La Drize : 18 ouvrages ;*
- *La Laire : 5 ouvrages ;*
- *Le Nant d'Avril : 10 ouvrages ;*
- *La Versoix : 14 ouvrages.*

L'investigation a consisté à se déplacer sur chaque site afin de récolter des données permettant de constituer une fiche technique de chaque pont. Brièvement, la fiche technique comporte notamment une photographie de l'ouvrage, ses caractéristiques générales, la présence éventuelle de peinture et la localisation des échantillons.

Sur les 108 ponts évalués, 50 ont fait l'objet d'un échantillonnage en se basant sur la présence de peintures et sur une date de construction datant d'avant 1986. L'échantillonnage a consisté à prélever au minimum un échantillon et au maximum 20 échantillons par pont, selon la taille de l'ouvrage et en fonction de la diversité des supports et peintures. Un ouvrage ayant préalablement été échantillonné par un bureau d'expert, il n'a pas fait l'objet d'un nouvel échantillonnage lors de cette étude.

Les prélèvements sont effectués selon un protocole défini et documenté dans un formulaire adéquat. Brièvement, une surface minimale de 2 cm<sup>2</sup> de peinture est prélevée jusqu'au support à l'aide d'un grattoir ou d'un couteau préalablement décontaminé à l'acétone. L'échantillon est ensuite transmis au laboratoire du SABRA pour analyse.

Pour certains éléments difficilement accessibles, il a été nécessaire d'utiliser un bateau situé en contrebas de certains ouvrages ou de faire intervenir une entreprise spécialisée dans les travaux sur cordée. Malgré ces interventions, quelques rares éléments n'ont cependant pas pu être prélevés au cours de cette campagne en raison de difficulté d'accessibilité. Enfin, 4 ouvrages (dont 2 construits avant 1986) n'ont pas pu faire l'objet de prélèvements pour des raisons d'accessibilité ou d'absence d'accord du propriétaire.

Une fiche technique récapitulative a également été rédigée permettant d'avoir un point de vue synthétique sur chaque ouvrage. Elle reprend les données de l'ouvrage (cours d'eau, typologie du pont, année de construction, localisation), les données relatives au prélèvement (date, présence de peinture, état de la peinture), les résultats d'analyse (PCB), ainsi qu'une section « remarques et divers ». Les fiches techniques renseignées sont consultables au SABRA selon la Loi sur l'information du public, l'accès aux documents et la protection des données personnelles (LIPAD).

## 4. METHODOLOGIE D'ANALYSE

### PREPARATION D'ECHANTILLON

La préparation d'échantillon est réalisée en suivant le protocole référencé P07-03-02 "Méthode d'analyse de PCB par GC-MS" établi et validé au laboratoire du SABRA.

Brièvement, l'échantillon est broyé à l'aide d'un pilon-mortier préalablement nettoyé avec du toluène. Environ 100 mg de peinture broyée sont pesés et mis en solution 9:1 hexane/acétone avant d'être extraits par ultra-sons. Un mélange de standards internes marqués aux isotopes stables (<sup>13</sup>C) est ajouté à l'extrait qui est ensuite purifié par passage sur une colonne Florisil.

### METHODE D'ANALYSE

L'analyse de l'extrait est effectuée par chromatographie en phase gazeuse (GC) avec détection par spectrométrie de masse à l'aide d'un instrument GC Agilent 7890A (GC System), équipé d'un injecteur Agilent 7683B Series et d'un détecteur 5975C (inert MSD with Triple-Axis Detector).

La quantification des PCB totaux est extrapolée sur la base du dosage de 6 congénères (28, 52, 101, 153, 138 et 180) par calibration interne, en tenant compte d'un facteur multiplicatif suivant la proportion relative des congénères (facteur 5 par défaut quand le mélange technique de PCB n'est pas identifié). Les facteurs multiplicatifs ont été déterminés expérimentalement par la méthode présentée ici sur la base des mélanges techniques standards certifiés.

### RAPPORTS D'ANALYSE

Un rapport d'analyse décrit pour chaque échantillon la méthodologie employée et présente les résultats de quantification individuelle des 6 congénères indicateurs, la somme des 6 congénères, le mélange technique identifié et la valeur en PCB totaux. L'incertitude du résultat est estimée à 30% dans la gamme

de mesure. Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) sont de l'ordre de 1 et 15 ppm respectivement.

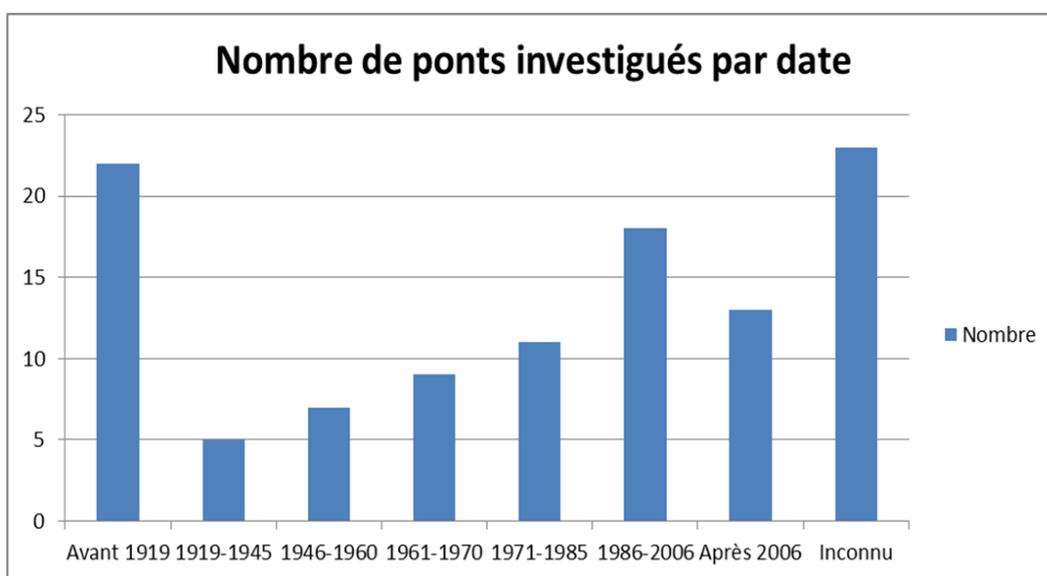
## ASSURANCE QUALITE

La méthode de préparation d'échantillon et d'analyse P07-03-02 "Méthode d'analyse de PCB par GC-MS" est accréditée par le Service d'accréditation suisse (SAS), selon la norme ISO/CEI 17025:2005, sous le numéro de registre STS 0476.

## 5. RÉSULTATS

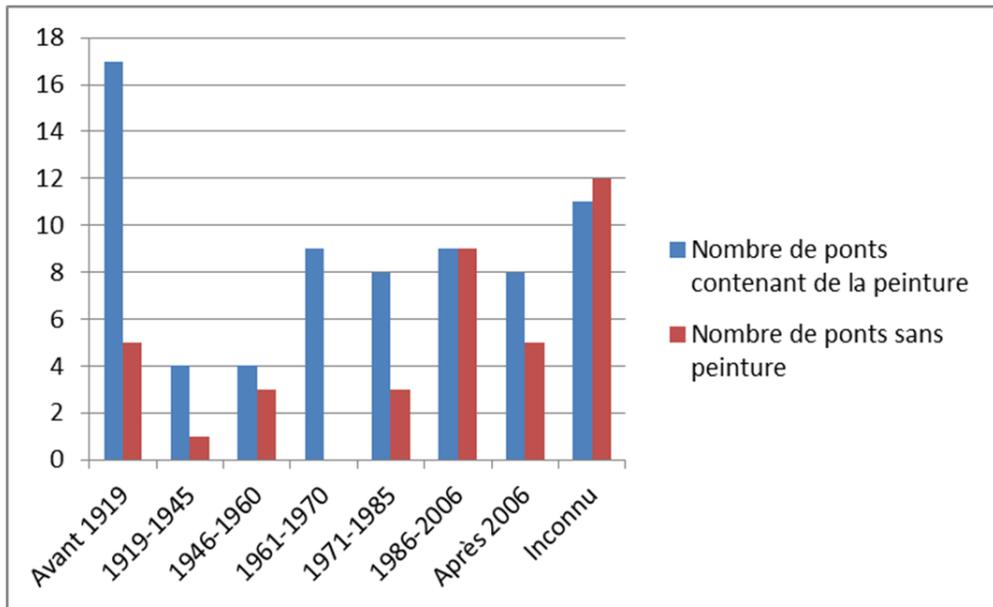
### GENERALITE

Les résultats concernant les ponts sont présentés en fonction du nombre de ponts investigués et par les dates de construction de ceux-ci (figure 1).



**Figure 1** : Répartition relative du nombre de ponts investigués par date de construction

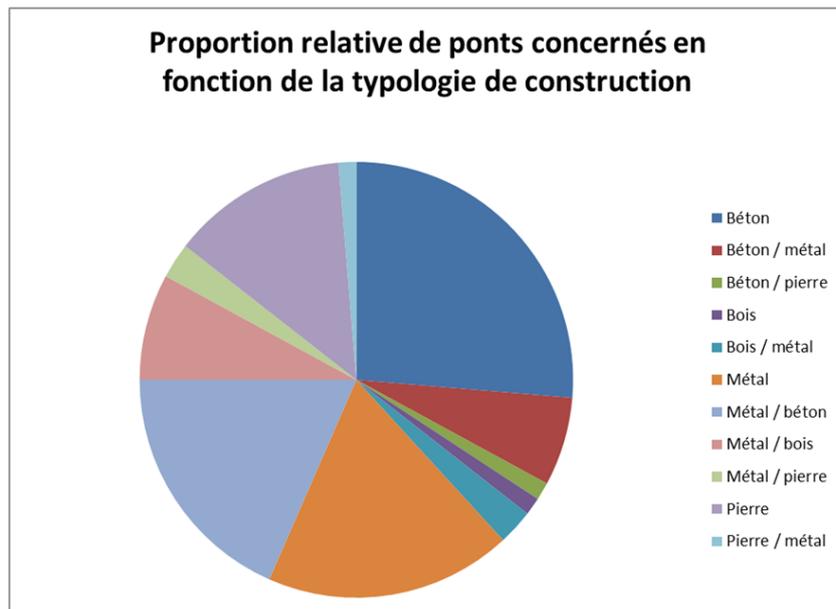
L'occurrence de la peinture sur des ouvrages d'art est de l'ordre de 65% si l'on ne tient pas compte de la date de construction de l'ouvrage. Dans le cas de ponts construits avant 1986, le nombre de ponts présentant des peintures susceptibles de contenir des PCB est de 53, soit de l'ordre de 50%. La figure 2 présente la répartition du nombre de ponts avec et sans peinture, selon les dates de construction.



**Figure 2 :** Répartition relative du nombre de ponts investigués par date de construction (avec / sans peinture)

Dans la suite de l'étude, les ponts peints dont la date de construction est « inconnue » ont tous été considérés comme des constructions datant d'avant 1986. La date de construction n'est pas disponible du fait de l'ancienneté importante de la construction.

La proportion relative de ponts concernés par cette étude, en fonction de la typologie de construction, est représentée par la figure 3. Il est possible de trouver des substrats contenant du béton, du métal, du bois, de la pierre ou également des combinaisons des différents matériaux.



**Figure 3 :** Proportion relative de points concernés en fonction de la typologie de construction

## OCCURRENCE GLOBALE

Sur les 50 ponts échantillonnés dans cette étude, 281 prélèvements de peinture ont été réalisés et analysés. La distribution des échantillons testés selon la concentration en PCB est indiquée dans la table 1 ci-dessous :

Concentration en PCB (ppm)	Nombre échantillons	Nombre échantillons (%)
<LOD	216	77
LOD-LOQ	10	4
LOQ-50	11	4
50-100	3	1
100-1000	7	2
>1000	34	12

**Table 1 :** Distribution des échantillons de peinture prélevés selon leur teneur en PCB

La distribution du nombre de ponts en fonction de la teneur maximale en PCB détectée dans au moins un échantillon est représentée dans la table 2. Il s'avère que 70% des ponts évalués ne démontrent pas de PCB dans les peintures échantillonnées. Inversement, 30% des ponts contiennent au moins un objet dont la peinture contient des PCB au-dessus de la limite de détection. Lorsque l'on considère les peintures avec une teneur supérieure à 100 et 1000 ppm, la proportion de ponts concernés est de 20% et 16% respectivement.

	Teneur maximale en PCB d'au moins un élément de peinture					
	<LOD	LOD-LOQ	LOQ-50	50-100	100-1000	> 1000 ppm
Nombre de ponts (n=51)	34	5	2	1	2	8
Proportion de ponts (%)	67	10	4	2	4	16

**Table 2 :** distribution du nombre de ponts en fonction de la teneur maximale en PCB détectée dans au moins un échantillon

En résumé, si l'on considère les ouvrages nécessitant des précautions spécifiques lors d'intervention, selon les lignes directrices de l'OFEV [9-11], la répartition est indiquée dans la table 3.

	Ponts sans PCB (< 100 ppm)	Ponts avec PCB (> 100 ppm)
Ponts (n=51)	80% (n=41)	20% (n=10)

**Table 3 :** distribution du nombre de ponts peints et construits avant 1986 en fonction de la teneur limite de 100 ppm en PCB dans les peintures

Le type de construction concernée par les peintures aux PCB implique exclusivement des supports métalliques.

L'état de dégradation des peintures contenant des PCB a également été évalué dans le cadre de ce projet. Un assainissement a été imposé aux propriétaires dans le cas où les peintures étaient dégradées et contenaient des concentrations massiques en PCB supérieures à 100 mg/kg. Sur l'ensemble des 108 ouvrages évalués, 10 possèdent des peintures contenant des PCB au-dessus de 100 mg/kg, et trois nécessitent un assainissement.

Ouvrage	Cours d'eau	Typologie	Année de construction	Etat de la peinture contenant des PCB
1	Arve	Pierre / Métal	1819	Très dégradé
2	Arve	Métal / Béton	1971	Usé
3	Arve	Métal	1911	Usé
4	Drize	Métal / Béton	?	Très dégradé
5	Rhône	Métal / Pierre	1906	Très dégradé
6	Rhône	Métal / Pierre	1968	Bon état
7	Rhône	Béton / Métal	1965	Bon état
8	Rhône	Béton / Métal	1861	Usé
9	Rhône	Métal	1881	Usé
10	Versoix	Métal	1963	Très dégradé

**Table 2** : Résultats des ouvrages avec des peintures contenant des PCB (ouvrage N°, typologie du support, année de construction, état des peintures)

Suite aux résultats de l'étude, l'ensemble des propriétaires a été contacté et les fiches techniques correspondantes ont été transmises, notamment dans le cas d'assainissement à réaliser. Cependant, il a été clairement stipulé que les documents fournis constituent une évaluation du potentiel de présence de PCB dans les peintures. En cas de travaux sur l'ouvrage considéré, un diagnostic complémentaire et exhaustif devra être effectué.

## MELANGES TECHNIQUES IDENTIFIES

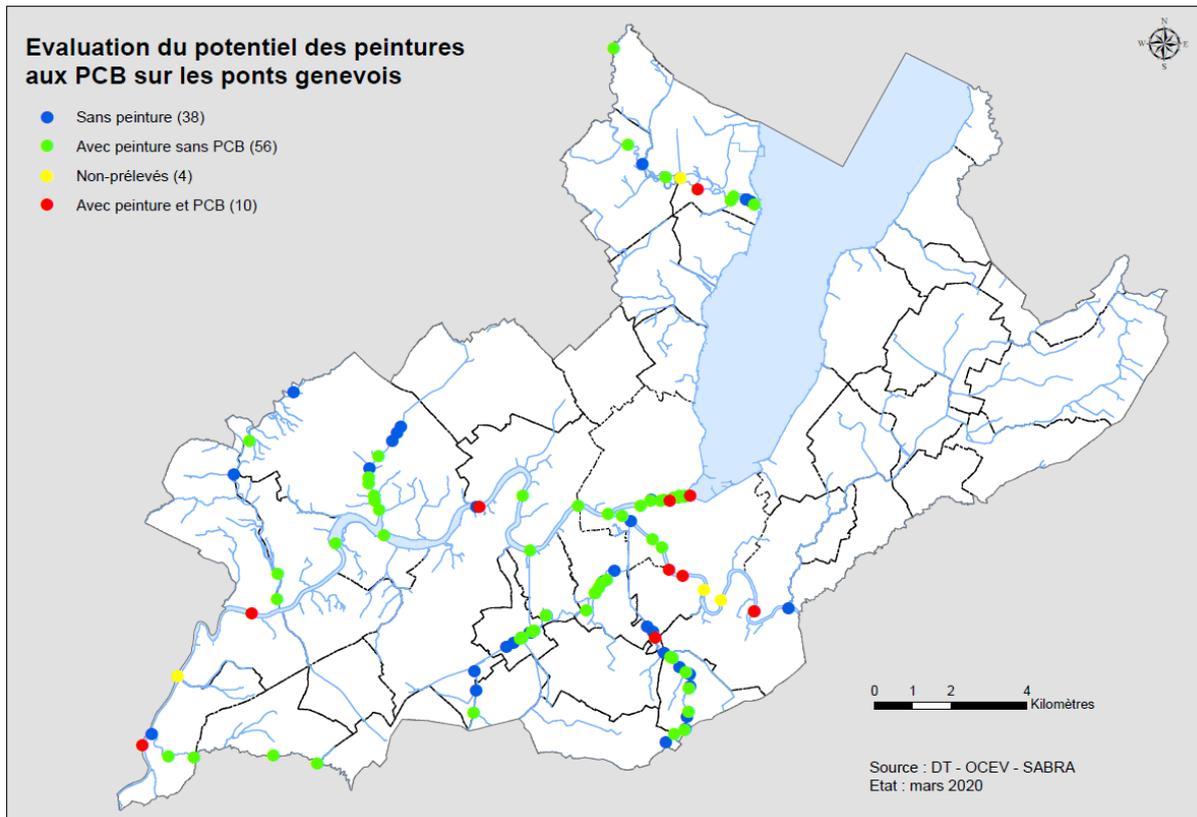
Pour les 10 ponts avec des peintures dont la teneur est supérieure à 100 ppm, le mélange technique a généralement pu être identifié. Dans la majorité des cas, le mélange technique de PCB correspond à un fort taux de chlore (54 à 60%). Les mélanges les plus rencontrés sont le Clophen A60 (cinq ouvrages) et l'Aroclor 1254 (trois ouvrages).

## 6. CONCLUSION

Les résultats de cette évaluation peuvent être résumés par les points suivants :

- 345 ponts présents sur les cours d'eau dans le canton de Genève
- 108 ponts évalués (sélection en fonction du type de cours d'eau)
- 70 ponts contenant des peintures (65 %), dont 53 avec une date de construction < 1986
- 51 ponts échantillonnés (date de construction < 1986)
- 10 ponts contiennent des peintures avec PCB (> 100 ppm), soit 20% des ponts échantillonnés
- 3 ponts avec peintures PCB dégradées, nécessitant un assainissement, soit 30 % des ponts contenant des peintures avec des PCB

La figure 4 (carte du canton de Genève) illustre la position géographique des ouvrages selon la présence ou non de peinture, et la présence de PCB (au-dessus de 100 ppm) sur les 108 ouvrages sélectionnés.



**Figure 1** : Evaluation du potentiel des peintures au PCB sur les ponts genevois, (bleu : sans peinture, vert : avec peinture et sans PCB, jaune : non prélevé, rouge : avec peinture et avec PCB (>100 ppm).

## 7. EVALUATION DES IMPACTS SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX POSSIBLES

Les divers impacts possibles en lien avec la présence de PCB dans des peintures sont relevés ci-dessous.

Cette évaluation ne correspond pas à une étude d'impact puisque les données accumulées au cours de cette campagne ne permettent pas de réaliser une telle analyse.

### IMPACT SANITAIRE

#### *Utilisation normale des ouvrages d'art*

La question du contact avec la peau peut se poser du fait de la forte lipophilie des PCB et des surfaces de peinture qui sont exposées librement au contact des personnes. Dans ce cas, par analogie à la réglementation actuelle sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), le risque devrait être évalué dans le cas de peintures entrant en contact "direct et prolongé" ou "direct, bref et répété" avec la peau dans des conditions raisonnablement prévisibles d'utilisation. L'exposition est considérée négligeable pour les objets revêtus de peintures avec PCB qui n'entrent que brièvement et peu fréquemment en contact avec la peau. Il va de soi que ce jugement concerne uniquement les peintures en bon état. Des peintures dégradées devraient systématiquement faire l'objet d'une évaluation de risque.

Etant donné que ces ponts se situent à l'extérieur, il n'y a pas la même problématique de pollution de l'air que celle des locaux et des bâtiments contenant cette typologie de peintures. En fonction des conditions d'utilisation des locaux, il est en effet possible d'avoir des PCB dans l'air intérieur. Selon l'OFSP, les bâtiments concernés peuvent être les écoles, les salles de gymnastique, les entreprises, les centres commerciaux, les hôpitaux et les grands immeubles d'habitation.

En cas d'utilisation normale des ouvrages d'art et avec la dégradation liée aux conditions météorologiques, les peintures et revêtements peuvent s'altérer, se fractionner et se retrouver en particules directement dans les cours d'eau. Ces situations sont problématiques et nécessitent des assainissements des peintures afin de maîtriser la contamination environnementale des PCB.

#### *En cas de travaux*

Lors de travaux sur des peintures contenant des PCB, les travailleurs ainsi que les personnes situées sur les chantiers des ouvrages d'art peuvent être exposés aux PCB, en particulier par les poussières et résidus de peintures qui peuvent être générés au cours d'une intervention. Des mesures spécifiques de protection des travailleurs et de l'environnement doivent être prises afin de gérer convenablement le risque d'exposition.

En fonction de la teneur en PCB d'une peinture et de la porosité du support, ce dernier peut être contaminé aux PCB en raison de la diffusion lente du polluant au cours du temps. La contamination du support d'une peinture contenant des PCB doit donc être évaluée au cas par cas.

Les déchets générés par les travaux (peintures et supports contaminés) doivent également faire l'objet d'un traitement spécifique, selon l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) et l'Ordonnance sur les mouvements de déchets (OMOD). Il doit être précisé que la gestion inappropriée de travaux sur des peintures contenant des PCB peut entraîner une contamination durable ainsi que la génération potentielle de produits extrêmement toxiques (dioxines) en cas de chauffage à des températures supérieures à 300°C.

## IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Les PCB sont des polluants organiques persistants (POP). Lors d'un rejet dans l'environnement, ces substances toxiques vont contaminer durablement les différents écosystèmes (terres, rivières, lac, océans) et s'accumuler dans les organismes vivants, principalement dans les tissus gras. Du fait de l'activité des PCB sur les systèmes endocriniens et immunitaires, l'impact sur la faune sauvage pourrait être en lien avec le déclin de certaines espèces [13, 14].

La contamination environnementale est également une source secondaire d'exposition aux PCB pour l'homme par la voie alimentaire. En effet, l'alimentation, en particulier par les graisses animales, constitue le principal vecteur d'exposition humaine aux PCB [15].

## 8. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les personnes du laboratoire du SABRA, notamment Madame Chantal Poncioni-Rothlisberger pour l'ensemble des préparations et analyses PCB.

Le bureau d'experts Ecotec SA (Genève) est remercié pour leur travail d'échantillonnage. Enfin, nous sommes reconnaissants à Madame Chantal Achahbar (SABRA) pour sa relecture et ses corrections.

## 9. BIBLIOGRAPHIE

1. Breivik, K., et al., *Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners - a mass balance approach. 1. Global production and consumption*. Sci. Total Environ., 2002. **290**(1-3): p. 181-198.
2. Kohler, M., et al., *Joint Sealants : An Overlooked Diffuse Source of Polychlorinated Biphenyls in Buildings*. Environ. Sci. Technol., 2005. **39**(7): p. 1967-1973.
3. Herrick, R.F., et al., *An unrecognized source of PCB contamination in schools other buildings*. Environ. Health Perspect., 2004. **112**(10): p. 1051-1053.
4. Gill, C.G., et al., *Letters: PCBs from old paint?* Environ Sci Technol, 1997. **31**(8): p. 343A.
5. Andersson, M., R.T. Ottesen, and T. Volden, *Building materials as a source of PCB pollution in Bergen, Norway*. Sci. Total Environ., 2004. **325**(1-3): p. 139-144.
6. UNEP. *Convention de Stockholm, Listing of POPs in the Stockholm Convention*. 2008; Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>.
7. WHO/UNEP, *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals*, J.J.H. Åke Bergman, Susan Jobling, Karen A. Kidd and R. Thomas Zoeller, Editor 2012.
8. Béatrice Lauby-Secretan, D.L., et al., *Carcinogenicity of polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls*. The Lancet, 2013. **14**(4): p. 287-288.
9. OFEV. *"PCB dans les peintures et vernis & PCB dans les revêtements anticorrosion"*, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/produits-chimiques/info-specialistes/produits-chimiques--dispositions-et-procedures/pcb/pcb-dans-les-revetements-anticorrosion.html>. 2015 14.02.2017]; Available from: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/produits-chimiques/info-specialistes/produits-chimiques--dispositions-et-procedures/pcb/peintures-et-verniss.html>.
10. OFEFP, *Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries - lignes directrices*, 2002, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP - Berne.
11. OFEFP, *La protection de l'environnement dans les travaux anticorrosion - Bases de planification*, 2004, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage - OFEFP - Berne.

12. Rapport d'évaluation de peintures PCB dans l'environnement bâti à Genève, 2017, Etat de Genève, Office cantonal de l'environnement, Service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants.
13. Jepson, P.D., et al., *PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters*. *Sci Rep*, 2016. **6**: p. 18573.
14. Letcher, R.J., et al., *Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish*. *Sci Total Environ*, 2010. **408**(15): p. 2995-3043.
15. OFSP, "PCB et dioxines dans les denrées alimentaires", [https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/pcb-dioxine-lebensmittel.pdf.download.pdf/2013\\_PCB\\_Hintergrundinfos\\_Dioxine+und+PCB\\_f.pdf](https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/pcb-dioxine-lebensmittel.pdf.download.pdf/2013_PCB_Hintergrundinfos_Dioxine+und+PCB_f.pdf). 2013.