



Stratégie binationale de gestion des risques occasionnés par les paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) dans les Grands Lacs

Novembre 2021

Rédigée par Environnement et Changement climatique Canada
et l'agence américaine de protection de l'environnement



Avertissement

Le présent document vise à concentrer les efforts sur la mise en œuvre de stratégies d'atténuation et de gestion des risques liés aux paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) paraffines chlorées PCCC, en vertu de l'annexe 3 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL). La mention de marques de commerce, de noms de produits et d'organismes ne suppose pas leur cautionnement par le gouvernement des États-Unis ou par le gouvernement du Canada.

Remerciements

La production du rapport a été financée par l'United States Environmental Protection Agency (USEPA), par l'intermédiaire du Battelle Memorial Institute, dans le cadre du contrat EP-R5-11-07 de l'USEPA (F. Anscombe, représentant technique de l'agent de négociation des marchés, Chicago, Illinois). Un financement a également été fourni à Duncan Boyd par Environnement et Changement climatique Canada dans le cadre du contrat EC-3000657498. Le rapport a été rédigé en suivant les orientations données par le Great Lakes National Program Office de l'USEPA des et d'Environnement et Changement climatique Canada.

Source des photos de la page couverture

Couverture du haut : Usine près de la rivière Sainte-Claire, près de Sarnia (Ontario). Commission mixte internationale.

Couverture du bas : touladi. Great Lakes Aquarium (glaquarium.org).

Bannières de page : plage du lac Michigan à Petosky (Michigan). Michigan Travel Bureau (Archives de L'EPA des États-Unis).

Résumé

L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) entre le Canada et les États-Unis vise à réduire les rejets anthropiques dans l'air, l'eau, les sols, les sédiments et le biote de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles (PCSPM), notamment les paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC), qui sont susceptibles d'entraîner une dégradation de la qualité de l'eau des Grands Lacs. Conformément à l'accord, les Parties se sont entendues pour adopter, comme il convient, les principes relatifs à la quasi-élimination des PCSPM et à l'interdiction totale de leur rejet dans l'environnement.

Le présent document propose une stratégie binationale sur les PCCC (« la stratégie ») qui permettra de concentrer les efforts déployés par le gouvernement du Canada, le gouvernement des États-Unis et leurs nombreux partenaires¹, dans le but de mettre en œuvre des mesures de gestion et d'atténuation des risques visant à réduire les concentrations des PCCC dans le bassin des Grands Lacs. Les Parties appliqueront cette stratégie comme guide pour définir, hiérarchiser et appliquer des mesures de réduction des PCCC. Les options que propose la stratégie s'organisent en cinq catégories :

- réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques;
- promotion de la conformité et application de la loi;
- prévention de la pollution;
- suivi, surveillance et autres travaux de recherche;
- qualité de l'eau domestique.

La stratégie comporte une liste d'options qui peuvent être mises en œuvre par les Parties, avec le soutien de leurs nombreux partenaires, afin de réduire de manière continue et croissante les PCCC dans le bassin des Grands Lacs. De plus, certaines de ces options reflètent les travaux déjà entrepris par les Parties.

Les paraffines chlorées (parfois appelés alcanes chlorés ou paraffines chlorées) forment une catégorie de produits chimiques organiques synthétiques subdivisée en groupes en fonction de la longueur de leur chaîne carbonée. Ce sont des mélanges complexes de molécules où les atomes de chlore peuvent occuper différentes positions. On les regroupe selon leur chloration, en teneur faible (moins de 50 % en poids) en teneur élevée en chlore (plus de 50 % en poids). Selon la longueur de la chaîne carbonée, les produits commerciaux composés de paraffines chlorées sont souvent sous-divisés en paraffines chlorées à chaîne courte ou CCAC (de C₁₀ à C₁₃), moyenne ou PCCM (de C₁₄ à C₁₇) et longue ou PCCL (C₁₈ et plus).

Ce document porte sur les PCCC qui peuvent causer une variété d'effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement. Ces paraffines chlorées sont fabriquées pour être utilisées comme lubrifiants, liquides de refroidissement, plastifiants et produits ignifuges (US Environmental Protection Agency [EPA], 2009). On les trouve dans : l'air, le sol, les sédiments, l'eau, les poissons, les mammifères marins, les oiseaux et le lait maternel dans le bassin des Grands Lacs et sur toute la planète. Les paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) sont une classe chimique qui englobe les congénères persistants et dégradables. Les PCCC ont différentes pressions de vapeur, qui en général, sont suffisamment élevées pour que l'on puisse s'attendre à une certaine volatilité et au transport atmosphérique subséquent. Les rejets résultant de

¹ C'est-à-dire en collaboration et en consultation avec les gouvernements des provinces et des états, les gouvernements tribaux, les Premières Nations, les Métis, les gouvernements municipaux, les organismes de gestion des bassins hydrographiques, d'autres organismes publics locaux, l'industrie et le public.

l'utilisation de PCCC pourraient être une source d'émission à long terme dans l'environnement, mais les informations sur les émissions futures depuis ces sources ne sont pas facilement disponibles.

Jusqu'à présent, les efforts canado-américains visant à réduire la quantité de PCCC rejetés dans l'environnement ont été centrés autour de diverses mesures réglementaires fédérales aux États-Unis et au Canada, dont l'interdiction au Canada de fabriquer, utiliser, vendre, et d'importer des PCCC et les produits qui les contiennent. Même si les données indiquent une baisse des taux de PCCC dans le bassin des Grands Lacs, les rejets de PCCC étaient soutenus dans un certain nombre de secteurs récemment, et l'incertitude entourant ces rejets (y compris les flux de déchets) signifie que la qualité de l'environnement des Grands Lacs pourrait encore être menacée. Des données limitées laissent entendre que les concentrations de PCCC dans les grands poissons prédateurs du lac Ontario (et donc potentiellement dans l'ensemble des Grands Lacs) ne dépassent pas les recommandations environnementales, et que la teneur en PCCC dans ces poissons diminue. Le manque général de données (c.-à-d. l'utilisation dans les biens de consommation, les produits et les concentrations dans l'environnement) est le principal obstacle à la compréhension des concentrations actuelles des PCCC dans le bassin des Grands Lacs.

À cette fin, le présent document de stratégie binationale propose différentes options stratégiques, présentées dans le **tableau A** qui suit. En mettant en œuvre les options décrites dans cette stratégie binationale, les gouvernements et les parties intéressées amélioreront l'état de santé des humains et des écosystèmes, à la fois dans le bassin des Grands Lacs et dans leurs collectivités respectives. Lorsque le Canada ou les États-Unis ne sont pas désignés pour une mesure, cela signifie que la mesure prioritaire présentée est déjà en place dans ce pays, ou qu'elle n'y est pas appropriée dans le contexte des programmes et mesures de gestion des risques déjà en place.

Tableau A. Récapitulation des options proposées dans la stratégie canado-américaine sur les PCCC

Catégories de mesures				
Réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion du risque	Promotion de la conformité et application de la loi	Prévention de la pollution	Suivi, surveillance et autres efforts de recherche	Qualité de l'eau domestique
Options proposées dans la stratégie				
<p>Maintenir l'interdiction de fabriquer, d'utiliser, de vendre et d'importer des PCCC et des produits qui en contiennent, avec un nombre limité d'exceptions (Canada)</p> <p>Les renseignements sur la fabrication, la transformation et l'utilisation des PCCC sont recueillis conformément au règlement <i>Chemical Data Reporting</i> (CDR) de l'EPA dans le cadre des mises à jour régulières de l'inventaire de la TSCA (États-Unis)</p>	<p>Continuer à promouvoir et appliquer le <i>Règlement sur certaines substances toxiques interdites de 2012</i> en ce qui concerne les PCCC (Canada)</p> <p>Continuer d'appliquer le règlement sur les nouvelles utilisations importantes du <i>Toxic Substances Control Act</i> pour les PCCC (États-Unis)</p>	<p>Sensibiliser davantage le public, et l'informer ainsi que le personnel des installations sur les sources potentielles de PCCC et les mesures appropriées à prendre si l'on trouve des produits contenant des PCCC (Canada et États-Unis)</p> <p>Encourager les industries à faire le suivi de leurs activités de prévention de la pollution, déclarées par les installations au registre américain des émissions toxiques (TRI) de l'EPA, et à divulguer leurs propres réalisations en la matière en déposant des rapports auprès du TRI (États-Unis)</p> <p>Promouvoir l'élimination appropriée de produits contenant des PCCC (Canada et États-Unis)</p>	<p>Surveiller régulièrement l'évolution à long terme des PCCC dans les milieux naturels des Grands Lacs et publier les résultats dans divers médias (p. ex. portails en ligne et de données ouvertes, rapports gouvernementaux et revues scientifiques) afin d'optimiser l'auditoire (Canada)</p> <p>Exploiter les sources de données existantes et les données sur l'exposition pour produire des orientations stratégiques et des plans se fondant sur la gestion adaptative (États-Unis)</p>	<p>Mettre en œuvre des normes appropriées de qualité de l'eau domestique pour l'eau potable et les eaux de surface, dans la mesure où les ressources le permettent (États-Unis)</p>

Table des matières

Avertissement	i
Remerciements	i
Source des photos de la page couverture	i
Résumé	ii
Table des matières	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures	vi
Acronymes et abréviations	vii
1 Introduction	1
2 Profil chimique	2
2.1 Dénomination chimique	2
2.2 Propriétés physiques et chimiques.....	2
2.3 Évolution et dispersion dans l'environnement.....	2
2.4 Sources et rejets de PCCC dans les Grands Lacs.....	3
2.4.1 Usages et quantités dans le commerce	4
2.4.2 Sources de rejets.....	4
2.4.3 Les PCCC dans les milieux naturels	5
2.5 Synthèse des risques.....	8
3 Politiques, règlements et programmes de gestion et de contrôle des PCCC	9
3.1 États-Unis.....	9
3.1.1 Lois et règlements en vigueur.....	9
3.1.2 Mesures de prévention de la pollution.....	9
3.1.3 Mesures de gestion des risques.....	10
3.1.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche.....	10
3.1.5 Lignes directrices et normes des États-Unis	11
3.2 Canada	11
3.2.1 Mesures fédérales de gestion des risques.....	11
3.2.2 Mesures de prévention de la pollution.....	12
3.2.3 Promotion de la conformité et application de la loi.....	12
3.2.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche.....	12
3.2.5 Normes et recommandations pour la qualité de l'environnement au Canada	13
3.3 Coordination binationale.....	14
3.3.1 Plans d'action et d'aménagement panlacustre	14
3.3.2 Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs	14
3.4 À l'échelle internationale.....	14
3.4.1 Protocole sur les polluants organiques persistants de la CEE-ONU	14
3.4.2 Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants	14
4 Analyse des écarts.....	15
4.1 Lacunes et actions nécessaires	15
4.2 Dépassements ou non-observation par rapport aux recommandations pour la qualité de l'environnement	15

5	Options de gestion et d'atténuation des risques pour combler les lacunes	16
5.1	Réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion du risque	16
5.2	Promotion de la conformité et application	17
5.3	Prévention de la pollution	17
5.4	Suivi, surveillance et autres efforts de recherche	17
5.5	Qualité de l'eau domestique.....	18
6	Conclusion	19
7	Tableaux	20
8	Figures	21
9	Références.....	23

Liste des tableaux

Tableau 1.	Désignation des paraffines chlorées à chaîne courte, moyenne ou longue.....	20
Tableau 2.	Gamme des propriétés physiques des PCCC	20
Tableau 3.	Recommandations fédérales canadiennes pour la qualité de l'environnement relatives aux PCCC et concentrations dans les Grands Lacs	20
Tableau 4.	Cycle de rotation de l'initiative des sciences coopératives et de surveillance	20

Liste des figures

Figure 1.	<i>Structure représentative d'un PCCC</i>	21
Figure 2.	Rejets déclarés à l'INRP, éliminations et transferts aux fins de recyclage des alcanes C ₁₀₋₁₃ , chloro- (N° CAS 85535-84-8).	21
Figure 3.	Rejets déclarés à l'INRP, éliminations et transferts aux fins de recyclage des paraffines chlorées C ₆₋₁₈ (N° CAS 68920-70-7).	22
Figure 4.	Registre américain des émissions toxiques (TRI) de l'EPA rejets des paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) par année de déclaration.....	22

Acronymes et abréviations

AQEGL	Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs
PCCC	Paraffines chlorées à chaîne courte
PCCL	Paraffines chlorées à chaîne longue
PCCM	Paraffines chlorées à chaîne moyenne
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CSEO	Concentration sans effet observé
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
EGR	Évaluation de la gestion des risques
FBA	Facteur de bioaccumulation
FBC	Facteur de bioconcentration
FPU	Fabriquée, préparée ou utilisée d'une autre manière
GLNPO	<i>Great Lakes National Program Office</i> (bureau du programme national des Grands Lacs)
GTD	Groupe de travail de détermination
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
ISCS	Initiative des sciences coopératives et de surveillance
ISO	Organisation internationale de normalisation
LCPE	<i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)</i>
LSIP1	Première Liste des substances d'intérêt prioritaire
MPCA	<i>Minnesota Pollution Control Agency</i>
N° CAS	Numéro de registre du Chemical Abstracts Service
NUI	Nouvelle utilisation importante
OE	Organe exécutif
ONG	Organisation non gouvernementale
P2	Prévention de la pollution
PAAP	Plans d'action et d'aménagement panlacustre
PATLD	Pollution atmosphérique transfrontière à longue distance
PCSPM	Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles
PMN	Préavis de fabrication
POP	Polluants organiques persistants
PVC	Polychlorure de vinyle
RFQE	Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement
SNUR	Règlement sur les nouvelles utilisations importantes
TRI	<i>Toxic Release Inventory</i>
TSCA	<i>Toxic Substances Control Act</i>
USEPAs	Agence de protection de l'environnement des États-Unis

1 Introduction

L'[annexe 3](#) de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) vise à réduire les rejets anthropiques de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles (PCSPM) dans les eaux des Grands Lacs, étant reconnu :

- 1) que la gestion du cycle de vie utile est importante;
- 2) que les connaissances et l'information sont essentielles à une saine gestion;
- 3) que la gestion des PCSPM peut être assurée aux niveaux fédéral, étatique, provincial, tribal, industriel ou local, au moyen d'une combinaison de programmes réglementaires et non réglementaires;
- 4) que les efforts déployés à l'échelle internationale peuvent contribuer à la réduction des rejets de sources situées à l'extérieur du bassin; et
- 5) que le public peut aider à réduire la présence de la substance.

Même si l'AQEGL n'exige pas la définition de cibles de réduction, mais l'on devrait tenir compte des lignes directrices actuelles et du travail accompli en application des autres annexes.

En 2016, les Parties ont désigné les paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) comme [l'un des huit](#) PCSPM. En désignant ainsi les PCCC, les Parties ont convenu que ces derniers posent une menace aux Grands Lacs, que les mesures de gestions existantes étaient insuffisantes, et que de nouvelles interventions au bénéfice du bassin des Grands Lacs étaient justifiées. Ces mesures sont donc inscrites dans les stratégies binationales, qui peuvent comprendre des dispositions sur la recherche, le suivi et la surveillance, ainsi que sur la prévention et le contrôle de la pollution. Les stratégies binationales ont ainsi pour but de réduire les rejets de PCSPM en centrant les activités des gouvernements, de l'industrie et, lorsque pertinent, du public sur la mise en œuvre de mesures de gestion et d'atténuation des risques. Les gouvernements des États-Unis et du Canada sont responsables de la mise en œuvre de l'AQEGL. Aux États-Unis, le Bureau du programme national des Grands Lacs (Great Lakes National Program Office ou GLNPO) de l'Agence pour la protection de l'environnement (EPA) des États-Unis coordonne ces activités. Au Canada, la tâche revient au bureau du directeur général régional de l'Ontario d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC).

Les Parties et leurs partenaires peuvent appliquer cette stratégie comme guide pour définir, hiérarchiser et appliquer des mesures de réduction des PCSPM. Seules des mesures à grande échelle sur le terrain se traduiront par une réduction. Elles devront néanmoins être appliquées suffisamment longtemps pour que d'importantes réductions de PCSPM se concrétisent et que l'environnement aquatique y réagisse. À cause de facteurs comme les changements climatiques, les sources anciennes et le changement des activités humaines dans la région il est difficile de prévoir la vitesse à laquelle des changements importants s'opéreront dans les lacs. La réussite de la stratégie dépend des efforts combinés fournis par les collectivités de la région. La stratégie et sa mise en œuvre seront régulièrement révisées, et il sera rendu compte des progrès dans le Rapport d'étape des Parties. Bien que l'AQEGL n'établisse pas d'échéanciers pour l'application de la stratégie, on devrait la réviser périodiquement.

Cette stratégie concernant les PCCC présente 10 solutions de gestion qui sont déjà mises en œuvre au Canada ou aux États-Unis, ou qui pourraient l'être facilement, dans le but de contrer les menaces à la qualité de l'eau par la réduction des rejets de PCCC. Le présent document vise les paraffines chlorées à chaîne courte, parmi les paraffines chlorées. Les options proposées peuvent être utilisées pour définir, soutenir ou coordonner les projets nouveaux ou en cours. Elles s'organisent en cinq catégories : (1) réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques; (2) promotion de la

conformité et application de la loi; (3) prévention de la pollution; (4) suivi, surveillance et autres travaux de recherche; (5) qualité de l'eau domestique. Comme l'indique l'AQEGL, les obligations respectives des Parties sont tributaires de l'affectation de fonds conformément à leurs procédures respectives. La Stratégie consiste en une compilation d'options qui peuvent être envisagées par une diversité d'intervenants, notamment l'industrie, les universités et les organisations non gouvernementales. De plus, certaines options témoignent de travaux déjà entrepris par les Parties. Certaines interventions de lutte contre les PCSPM pourraient être soutenues par les travaux menés en application d'autres annexes de l'AQEGL, comme les annexes 2 (Aménagement panlacustre) et 10 (Science). À titre d'exemple, le Partenariat du lac Supérieur réalise des projets visant à éliminer les contaminants chimiques dans le cadre du Plan d'action et d'aménagement panlacustre (PAAP) du lac Supérieur, décrit à l'annexe 2.

2 Profil chimique

On trouvera un résumé plus détaillé des profils chimiques, des données environnementales et d'autres informations pertinentes considérées lors du processus de désignation de cette classe de produits chimiques comme PCSPM dans le [Rapport sommaire binational : alcanes chlorés \(chaîne courte, chaîne moyenne et chaîne longue\)](#) rédigé par le Groupe de travail de détermination du Sous-comité de l'annexe 3 (GTD 2015). Les sous-sections qui suivent présentent une synthèse des diverses propriétés des PCCC.

2.1 Dénomination chimique

Les paraffines chlorées (parfois appelés chloroalcanes ou alcanes chlorés) forment une catégorie de substances organiques synthétiques formée d'hydrocarbures chlorés (*n*-alcanes), dotées d'une chaîne pouvant comporter de 10 à 38 atomes de carbone. Les paraffines chlorées sont généralement regroupées en fonction de la longueur de leur chaîne de carbone : PCCC (de 10 à 13 atomes de carbone), PCCM (contenant de 14 à 17 atomes de carbone) et PCCL (avec 18 atomes de carbone ou plus) (**Tableau 1**). La teneur moyenne en chlore des PCCC varie d'environ 30 à 70 % en poids selon la formule chimique générale suivante : $C_xH_{(2x-y+2)}Cl_y$, où $x = 10-13$ et $y = 3-12$ (**Figure 1**) (USEPA 2009, GTD 2015, UNEP 2015).

2.2 Propriétés physiques et chimiques

Les PCCC sont des composés synthétiques fabriqués pour être utilisés comme lubrifiants, liquides de refroidissement, plastifiants et produits ignifuges (USEPA 2009). Ce sont des huiles visqueuses, incolores ou jaunâtres et le degré de chloration permet de différencier les propriétés physiques et chimiques de chaque PCCC (Environnement Canada [EC] 2008b). Les PCCC ont différentes pressions de vapeur, qui en général, sont suffisamment élevées pour que l'on puisse s'attendre à une certaine volatilité et au transport atmosphérique subséquent. En général, les coefficients de partage octanol-eau (K_{OE}), octanol-air (K_{OA}) et carbone organique (K_{CO}) des PCCC sont élevés (GTD 2015, Li et coll. 2016). Diverses propriétés physiques des PCCC figurent au **Tableau 2**.

Les PCCC du commerce peuvent contenir des stabilisants pour améliorer la stabilité thermique ou la stabilité à la lumière du produit. Ces stabilisants sont notamment des esters époxydés, des huiles de soja, de l'érythritol, du thymol, de l'urée, des éthers glycidyliques, de l'acétonitrile ou des phosphates organiques (EC 2008a).

2.3 Évolution et dispersion dans l'environnement

Les PCCC se trouvent dans l'air, le sol, les sédiments, l'eau, les poissons, les mammifères marins, les oiseaux et le lait maternel, dans le bassin des Grands Lacs et à l'échelle planétaire (Feo et coll. 2009,

Gluge et coll. 2015). On s'attend à ce que les PCCC rejetés dans l'atmosphère existent dans les phases gazeuse et particulaire de l'air ambiant, compte tenu de la gamme de pressions de vapeur signalées pour ces substances. Les PCCC ne subissent pas de photolyse directe dans des conditions environnementales, mais ils peuvent être soumis à une photolyse indirecte par des radicaux oxydants de la troposphère (Feo et coll. 2009). Les constituants en phase gazeuse sont dégradés dans l'air par des réactions avec des radicaux hydroxyles. Ils ont une demi-vie entre moins d'une journée à un peu plus de dix jours. Une demi-vie dans l'atmosphère dépassant deux jours environ peut être un facteur important pour faciliter le transport des produits chimiques persistants sur de longues distances (USEPA 2009). Dans l'atmosphère, la demi-vie théorique des PCCC est de 1,2 à 1,8 jour (Feo et coll. 2009).

Les PCCC rejetés dans l'eau devraient s'adsorber aux sédiments et particules en suspension, compte tenu de leur $\log K_{oc}$. Ils résistent à l'hydrolyse et à la photolyse. On s'attend à ce que les PCCC rejetés dans le sol soient peu mobiles, compte tenu de leur $\log K_{oc}$. La volatilisation depuis la surface de l'eau ou du sol humide devrait être modérée d'après les constantes estimées de la loi d'Henry des congénères individuels; toutefois, l'adsorption aux solides en suspension et aux sédiments dans la colonne d'eau ou dans les sols pourrait atténuer le taux de volatilisation (USEPA 2009). La détection des PCCC dans des carottes de sédiments remontant aux années 1940 atteste de la persistance des PCCC (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE] 2009).

On n'a observé aucune dégradation dans les sédiments dans des conditions anaérobies. Plusieurs évaluations gouvernementales et revues publiées ont conclu que seule une biodégradation lente dans les sédiments peut se produire, même en présence de micro-organismes adaptés (EC 2008). Dans des conditions environnementales optimales, les PCCC peuvent être complètement dégradés par les micro-organismes. Cependant, le taux de dégradation abiotique et biotique diminue avec l'allongement de la chaîne carbonée et la hausse du degré de chloration (Feo et coll. 2009).

Les études visant à déterminer la demi-vie des PCCC dans les sédiments ont donné des résultats très divers. Une étude a signalé la dégradation aérobie des PCCC à 12 carbones et 69 % de chlore en 30 jours (Fisk et coll. 1998, Feo et coll. 2009). Or, une autre expérience a estimé que la demi-vie moyenne des paraffines chlorées en C_{10-13} avec 65 % de chlore était 1630 jours dans les sédiments d'eau douce et de 450 jours dans les sédiments marins dans des conditions aérobies (European Chemicals Bureau 2008, Feo et coll. 2009).

Les facteurs de bioaccumulation pour les groupes de PCCC selon la longueur de leur chaîne ont été déterminés pour le plancton du lac Ontario, le gaspareau (*Alosa pseudoharengus*), le chabot visqueux (*Cottus cognatus*), l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) et le touladi (*Salvelinus namaycush*) pour l'organisme entier (poids humide) ou en concentrations d'eau filtrée à partir des données de Houde et coll. (2006). Des PCCC ont été détectés dans toutes les composantes de la chaîne alimentaire avec des facteurs de bioaccumulation entre 9 900 et 51 200 (en poids humide). Les plus grandes bioaccumulations de PCCC ont été trouvées dans les poissons, les facteurs de bioaccumulation les plus élevés (51 200) ayant été trouvés dans le chabot, l'éperlan et le touladi (EC 2008a).

2.4 Sources et rejets de PCCC dans les Grands Lacs

Les sources d'exposition et de rejet de PCCC dans les Grands Lacs sont anthropiques. Ces substances proviennent ainsi de sources canadiennes ou américaines, ou d'autres pays après avoir été transportées sur de longues distances.

2.4.1 Usages et quantités dans le commerce

Historiquement aux États-Unis, les SCCP étaient principalement utilisés comme additifs pour réduire l'usure des outils métalliques dans les fluides pour le travail des métaux. Ils ont également été utilisés comme plastifiant secondaire et ignifugeant dans certains plastiques, en particulier le polychlorure de vinyle (PVC), et dans certaines formulations de caoutchouc, peintures, autres revêtements, adhésifs et produits d'étanchéité. Il existe des utilisations limitées de PCCC comme ignifugeant dans des bandes transporteuses utilisées sous terre dans des mines et des barrages (USEPA 2009, GTD 2015). En 2016, aucune utilisation de PCCC n'avait été signalée aux États-Unis (non-CBI). La production de paraffines chlorées à chaîne longue ($C \geq 18$) était entre 10 et 50 millions de livres (USEPA 2016). Selon les déclarations de la Chlorinated Paraffins Industry Association (CPIA) en 2009, les paraffines chlorées les plus produites et utilisées en Amérique du Nord étaient les PCCM (46,4 %), suivies par les PCCL (33,1 %) et les PCCC (20,5 %) (CPIA 2009). L'Union européenne a limité la commercialisation et l'utilisation des PCCC (EC 2008a). Les PCCC et les produits qui en contiennent ont été interdits au Canada en 2013 (EC 2013a). On considère qu'ils ne sont plus commercialisés au Canada. Les règles sur les nouvelles utilisations importantes (Significant New Use Rules ou SNUR) promulguées en décembre 2014 (EPA des États-Unis [EPA], 2014) ont établi que toute fabrication et toute transformation de chloroalcanes en C12-13 (n° CAS 71011-12-6) avaient cessé aux États-Unis et que, par conséquent, tout emploi de cette substance chimique était considéré comme une nouvelle utilisation importante. Pris en application des jugements convenus entre le département de la Justice (DOJ) et l'EPA et Dover Chemical (7 février 2012) et séparément entre le DOJ et l'EPA et INEOS Chlor Americas (désormais appelée INOVYN Americas, Inc.) (le 21 août 2012), ces entreprises ont été tenues de présenter des avis précédant la fabrication aux termes de l'article 5 de la *Toxic Substances Control Act* (TSCA) pour toutes les paraffines chlorées produites au pays ou importées. Également, dans le cadre du règlement, les entreprises ont été tenues de cesser la fabrication intérieure et l'importation des paraffines chlorées à chaîne courte étroitement apparentées toxiques, bioaccumulables et persistantes (TBP) (EPA, 2012 et 2012a).

2.4.2 Sources de rejets

Les PCCC n'existent pas naturellement dans l'environnement. Les rejets mondiaux de PCCC découlant de leur production et de leur utilisation de 1935 à 2012 ont été estimés entre 1 690 et 41 400 tonnes dans l'air et, dans les eaux de surface, entre 1 660 et 105 000 tonnes (Gluge et coll. 2016). Les rejets de PCCC peuvent survenir lors de la production, l'entreposage, le transport, l'utilisation par l'industrie ou les consommateurs de produits contenant des paraffines chlorées; pendant l'élimination et l'incinération de déchets; et à cause de la lixiviation, du ruissellement ou de la volatilisation depuis des sites d'enfouissement, des boues d'épuration ou autres sites de gestion des déchets (Tomy et coll. 1998). La fabrication de produits (par exemple, déversements, lavage des installations et rinçage des fûts ou élimination) et l'utilisation de lubrifiant pour le travail des métaux constituent la source la plus probable de rejets de PCCC. En fin de compte, ces liquides se retrouvent souvent dans les effluents des usines de traitement des eaux d'égout. On estime généralement que les pertes dues à la présence de PCCC dans les peintures et les produits d'étanchéité sont beaucoup plus faibles que celles dues au travail des métaux (USEPA 2009). On compte, parmi les autres rejets, ceux provenant des contenants d'huile pour engrenages, les fluides utilisés pour l'extraction minière dans la roche dure et le matériel utilisé par d'autres types de mines, les fluides et les équipements utilisés pour l'exploration pétrolière et gazière, la fabrication de tuyaux sans soudure, le travail des métaux et le fonctionnement des turbines marines (EC 2008).

Au Canada, l'enfouissement est un important mode de gestion des déchets de produits faits de polymères (Feo et coll., 2009). À l'exception de légères pertes dues aux eaux de percolation, les PCCC présents dans ces produits devraient y être stabilisés, même si l'on s'attend à ce que la lixiviation depuis

des sites d'enfouissement soit négligeable étant donné la forte liaison des PCCC avec le sol. Une autre source potentielle de rejets de PCCC dans l'environnement est les pertes pendant l'utilisation de produits faits de polymères contenant des paraffines chlorées, notamment le plastique, les peintures et les produits d'étanchéité (EC 2008). Ces rejets devraient surtout être limités aux eaux usées et au sol des zones urbaines ou industrielles.

Aux États-Unis, les rares installations qui ont produit des déclarations au Toxics Release Inventory (Inventaire des rejets de matières toxiques) (TRI) pour les PCCC (à titre d'alcanes polychlorés) au cours des dernières années gèrent les déchets de PCCC principalement par le traitement dans un but de destruction, de combustion pour la récupération d'énergie ou de recyclage. Une infime partie des quantités de PCCC que ces installations ont gérées en tant que déchets a été éliminée ou autrement rejetée dans l'environnement. Consultez la section 3.1.2 pour obtenir de plus amples renseignements.

2.4.3 Les PCCC dans les milieux naturels

Les PCCC existent dans des mélanges complexes difficiles à analyser dans des matrices environnementales. Par conséquent, les échanges air-eau et sédiments-eau ne sont pas bien compris, et il y a peu de données sur les concentrations pour les Grands Lacs (GTD 2015). Les études de surveillance ont permis de documenter la présence de PCCC dans le bassin des Grands Lacs, mais leur portée est limitée et les comparaisons difficiles à cause des différences dans les méthodes d'analyse. Les PCCC ont été analysés chez les poissons-proies, les poissons prédateurs, les invertébrés, le plancton, le sédiment, l'eau et l'air des Grands Lacs (GTD 2015, Marvin et coll. 2003, Houde et coll. 2008, Ismail et coll. 2009 Saborido Basconcillo et coll. 2015).

Un examen en 2015 des méthodes d'analyse des paraffines chlorées dans les matrices environnementales a mis en évidence les difficultés de la séparation chromatographique des PCCC et de leur détection, ainsi que l'absence de normes adéquates. Cette étude a toutefois conclu que des progrès considérables dans l'analyse de ces composés avaient été réalisés au cours des cinq dernières années (van Mourik et coll. 2015). Une étude plus récente (van Mourik et coll. 2018) décrivant une comparaison entre laboratoires concluait que l'analyse des PCCC reste difficile. Peu d'établissements ont participé aux études entre laboratoires, mais on a utilisé de nombreuses techniques différentes et les écarts entre les laboratoires étaient importants, avec des coefficients de variation allant de 23 à 137 %. Néanmoins, ces différences diminuent avec le temps, ce qui indique une amélioration des performances analytiques (van Mourik et coll. 2018). Aussi, dans cette étude également, le poisson s'est avéré être l'extrait environnemental le plus difficile à analyser, probablement en raison des très faibles niveaux de PCCC par rapport à la poussière domestique, aux sédiments et au sol (van Mourik et coll. 2018). Dans une étude récente Krätschmer et coll. (2018) ont recommandé l'utilisation d'une méthode d'analyse spécifique (spectrométrie de masse en mode d'ionisation négative par capture d'électrons-Orbitrap-spectrométrie de masse haute résolution) comme étant bien adaptée à l'analyse des paraffines chlorées puisqu'elle permet de surmonter divers problèmes d'interférence de masse et, jusqu'à présent, elle présente une sensibilité inégale.

2.4.3.1 Dans l'air

Les concentrations de PCCC dans l'air varient d'une région à l'autre du globe. Les concentrations sont les plus faibles dans l'Arctique et l'Antarctique (2 à 2 900 pg/m³), suivies de l'Amérique du Nord et de l'Europe (80 à 4 000 pg/m³). Les concentrations sont les plus élevées en Asie, en particulier en Chine (maximum de 330 000 pg/m³) (Gluge et coll. 2015). Étude chinoise menée à Beijing sur les PCCC associés aux particules a indiqué des concentrations moyennes de PCCC associées à la fraction MP₁₀ de 23 900 pg/m³ pour l'air extérieur, et des valeurs moyennes de 61 100 pg/m³ à l'intérieur (Huang et coll.

2017). Les concentrations de PCCC dans les échantillons d'air intérieur étaient plus élevées que les valeurs correspondantes à l'extérieur, probablement en raison de produits contenant des paraffines chlorées comme les peintures et revêtements, le cuir et les produits en caoutchouc. Dans l'air extérieur comme dans l'air intérieur, les paraffines chlorées sont principalement associées aux particules ayant un diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm (Huang et coll. 2017). On manque de données sur les concentrations atmosphériques des PCCC dans le bassin des Grands Lacs. Les données disponibles pour le lac Ontario montrent qu'entre 1990 et 1999, les concentrations atmosphériques de PCCC au-dessus du lac Ontario variaient de 120 à 1 510 pg/m³ (Muir et coll. 2000, GTD 2015).

2.4.3.2 Dans les eaux de surface

Des données extrêmement réduites (de 1999 à 2004) pour l'ouest du lac Ontario indiquent que les concentrations de PCCC ont varié de 0,606 à 1,935 ng/L (Muir et coll. 2000, Houde et coll. 2008; GTD 2015). Des PCCC ont été détectées dans les huit effluents terminaux d'usines de traitement des eaux usées au sud de l'Ontario, au Canada, échantillonnés en 1996. Le total des PCCC (dissous et particulaires) variait de 59 à 448 ng/L. Les concentrations les plus élevées ont été décelées dans des échantillons provenant d'usines de traitement situées dans des régions industrialisées, notamment Hamilton et St Catharines (EC 2008). Les premiers résultats d'une étude canadienne indiquent que les émissions intérieures, par l'intermédiaire des eaux usées de blanchisseries, pourraient être la principale porte d'entrée des PCCC et autres paraffines chlorées dans les usines de traitement d'eaux d'égout. D'autres analyses sont toutefois nécessaires pour déterminer et confirmer l'efficacité du transport des paraffines chlorées sous forme de poussières intérieures vers les eaux usées à la suite du processus de blanchiment. Comme l'indique le **tableau 3**, la recommandation fédérale canadienne pour la qualité de l'environnement concernant l'eau est de 2 400 ng/L (Environnement et Changement climatique Canada [ECCC] 2016).

2.4.3.3 Dans les sédiments

Les PCCC sont très persistants dans les sédiments : des carottes datant des années 1940 montrent la présence de PCCC (USEPA 2009). Tomy et coll. (1997) ont mesuré des concentrations de PCCC d'environ 245 ng/g en poids sec (ps) dans les sédiments à l'embouchure de la rivière Détroit au lac Érié et à l'île Middle Sister à l'ouest du lac Érié, en 1995. En 1996, Muir et coll. (2001) ont également détecté des PCCC à des concentrations variant de 5,9 à 290 ng/g ps dans tous les échantillons de sédiments de surface prélevés dans des zones portuaires le long du lac Ontario. Les concentrations les plus élevées ont été trouvées sur le site le plus industrialisé (le bassin Windermere, port de Hamilton) qui présente une contamination bien documentée aux métaux lourds, HAP et BPC. De même, Marvin et coll. (2003) ont signalé une concentration maximale de 410 ng/g ps de PCCC dans les sédiments du lac Ontario à une station hydrographique de l'ouest du bassin du Niagara. Des PCCC ont été détectés dans les 26 échantillons prélevés dans le lac Ontario avec une concentration moyenne de 49 ng/g ps. Ce chiffre est beaucoup plus élevé que les concentrations de sédiments signalées pour les lacs exposés principalement aux sources atmosphériques (Tomy et coll. 1999, Stern et Evans 2003). La recommandation fédérale pour la qualité de l'environnement pour les sédiments est de 1 800 ng/g normalisés à 1 % de carbone organique total (COT). Étant donné que le COT varie généralement de 0,5 à 5 % pour les sédiments de surface dans les bassins d'accumulation du lac Ontario (Lozano et coll. 2001, Halfman et coll. 2006), il est évident que cette recommandation n'a pas été dépassée.

L'évaluation des profils des carottes et des estimations des flux de PCCC (Marvin et coll. 2003) a indiqué qu'une zone de l'extrémité ouest du lac Ontario est fortement touchée (flux de PCCC de 170 µg/m² par an) et potentiellement influencée par les sources industrielles locales de PCCC. L'accumulation maximale de PCCC dans cette zone à l'ouest du bassin s'est produite au milieu des années 1970 et a depuis

diminué (Marvin et coll. 2003, Ismail et coll. 2009). Par contre, les concentrations de PCCC dans une carotte prélevée dans un site situé dans la zone centrale du lac (flux de PCCC de $8,0 \mu\text{g}/\text{m}^2$ par an) étaient plus semblables aux niveaux caractéristiques des endroits éloignés principalement touchés par les sources atmosphériques (Marvin et coll. 2003).

Les sols agricoles ont été désignés comme un réservoir potentiellement important de paraffines chlorées en raison de l'épandage de boues d'épuration (Nicholls et coll. 2001, Stevens et coll. 2002). Les données sur les sols sont toutefois rares. Dans une étude portant sur les concentrations et la répartition des PCCC dans les sols agricoles d'une zone irriguée par les eaux usées en Chine, Zeng et coll. (2011) ont détecté des PCCC dans tous les échantillons de terre végétale et trouvé une somme des concentrations se situant entre 159,9 et 1 450 ng/g ps. Les distributions du sol selon la verticale indiquent que les congénères à faible teneur en chlore et à courte chaîne étaient plus enclins à migrer vers des couches plus profondes de sol que les congénères à chaîne longue et à forte teneur en chlore. Ces travaux ont démontré que les effluents des usines de traitement des eaux usées pourraient être une source importante de PCCC dans le milieu ambiant et que l'irrigation par l'intermédiaire d'eaux usées pouvait entraîner une accumulation plus importante de PCCC dans les sols agricoles. Lors d'une étude menée au Royaume-Uni, Nicholls et coll. (2001) n'a pas détecté de PCCC à un seuil de détection de 100 ng/g ps dans les sols agricoles amendés par des boues contenant des concentrations de paraffines chlorées de l'ordre du $\mu\text{g}/\text{g}$. L'examen de la concentration totale de PCCC dans les sols d'une zone de référence en Chine (Wang et coll. 2013) a indiqué des concentrations entre 0,42 et 420 ng/g ps avec une concentration médiane de 9,6 ng/g ps. Bien que ces concentrations soient faibles, l'omniprésence des PCCC dans un endroit éloigné suggère que le transport atmosphérique sur de grandes distances et l'échange sol-air peuvent être une voie importante de contamination par les PCCC.

2.4.3.4 Dans le biote

Les mesures des PCCC dans les poissons prélevés dans le lac Ontario et le lac Michigan, entre 1996 et 2001, ont montré des concentrations totales de PCCC allant de 4,6 à 2 630 ng/g en poids humide (ph) (Muir et coll. 2001, Houde et coll. 2006). La concentration la plus élevée a été mesurée chez les carpes pêchées dans le port de Hamilton (Muir et coll. 2001). Houde et coll. (2006) ont mesuré la concentration des PCCC dans le plancton, *Diporeia* sp. et *Mysis* sp. des lacs Ontario et Michigan. Dans le lac Ontario, les concentrations totales de PCCC dans le plancton, *Diporeia* sp. et *Mysis* sp. étaient respectivement de 5,5, 6,3 et 2,8 ng/g ph, et, dans le lac Michigan, respectivement de 23, 24 et 7,5 ng/g ph. Lors d'une enquête plus récente réalisée en 2011 à l'échelle du Canada et portant sur les PCCC, Saborido Basconcillo et coll. (2015) ont montré que dans les Grands Lacs, la plus faible concentration de PCCC a été observée chez le touladi du lac Érié (3 ± 2 ng/g ph), et la plus forte concentration a été observée chez le touladi du lac Ontario (5 ± 3 ng/g ph). Les concentrations dans le touladi du lac Supérieur (3 ± 3 ng/g ph) et du lac Huron (3 ± 2 ng/g ph) n'étaient pas très différentes (Saborido Basconcillo et coll. 2015).

Ces études ont montré que les concentrations totales de PCCC dans le touladi du lac Ontario ont augmenté de 1979 à 1988, puis ont fortement diminué jusqu'en 2011 (Ismail et coll. 2009, GTD 2015, Saborido Basconcillo et coll. 2015). Plus récemment, une comparaison des résultats normalisés de 2001 et 2011 sur les lipides dans les tissus de poissons provenant d'études centrées sur le lac Ontario a révélé une baisse importante des PCCC (Houde et coll. 2008, GTD 2015, Saborido Basconcillo et coll. 2015). Ces données limitées laissent entendre que les poissons prédateurs supérieurs du lac Ontario (et donc potentiellement dans l'ensemble des Grands Lacs) ne dépassent pas la Recommandation fédérale pour la qualité de l'environnement de 2 700 ng/g de lipides figurant au **Tableau 3**, et que les concentrations de PCCC dans ces poissons sont en déclin (GTD 2015).

Il n'existe pas de données pour d'autres biotes dans le bassin des Grands Lacs, mais la mesure des PCCC dans les tissus hépatiques de l'omble chevalier et des oiseaux de mer (petit pingouin et mouette tridactyle) prélevés sur l'île Bear (Arctique européen), ainsi que dans des morues pêchées au large de l'Islande et de la Norvège a révélé des concentrations de PCCC entre 5 et 88 ng/g ph (Reth et coll. 2006). Des PCCC ont été détectés dans la graisse des bélugas du fleuve Saint-Laurent à une concentration moyenne de 785 ng/g ph (EC 2008). La Recommandation fédérale pour la qualité de l'environnement (RFQE) concernant la protection des mammifères qui consomment le biote aquatique est de 18 000 ng/g ph (soit la concentration dans le biote aquatique, exprimée sur la base du corps entier qui pourrait être consommé par la faune terrestre ou semi-aquatique).

2.5 Synthèse des risques

La majorité de l'exposition humaine non professionnelle aux PCCC découle de la consommation d'aliments, bien qu'une exposition résultant de l'inhalation et du contact cutané soit probable (PNUE 2016). En raison du potentiel de transport des PCCC dans l'environnement, les sources d'exposition à ces substances peuvent être éloignées de leur point d'utilisation et de rejet. Par exemple, on a détecté des PCCC dans des échantillons de lait maternel fournis par des Inuites (PNUE 2009). Les PCCC peuvent avoir des effets toxicologiques chez les mammifères et peuvent toucher le foie, la fonction thyroïdienne et les reins, ce qui, à long terme, peut créer des tumeurs malignes dans ces organes (PNUE 2016). Les PCCC figurent également sur la liste des perturbateurs endocriniens pour la santé humaine selon les anciens critères préliminaires permettant de hiérarchiser les substances susceptibles de perturber le système endocrinien (PNUE 2016).

Les PCCC ont été mesurés dans le foie humain, les reins, les tissus adipeux et le lait maternel. Quelques études toxicocinétiques sur des animaux de laboratoire indiquent que les PCCC devraient se concentrer dans le foie, les reins, les intestins, la moelle osseuse, les tissus adipeux et les ovaires (GTD 2015). Le National Toxicology Program des États-Unis a déterminé que les PCCC ont une très faible toxicité aiguë et que des applications répétées peuvent irriter la peau et les yeux (GTD 2015).

Il n'existe pas de données disponibles sur l'humain permettant d'estimer si les PCCC sont cancérigènes pour l'homme. Cependant, le National Toxicology Program des États-Unis indique que les PCCC (C_{12} , 60 % de chlore) sont des substances « dont on peut raisonnablement présumer qu'elles sont cancérigènes pour l'homme », et le Centre international de recherche sur le cancer classe les PCCC dans le « groupe 2B », soit les « substances possiblement cancérigènes pour l'homme » (USEPA 2009, GTD 2015). Les deux programmes fondent leurs désignations sur les résultats d'études sur des modèles animaux.

On a signalé des facteurs de bioconcentration (FBC) des PCCC élevés (1 000 à 50 000) et des facteurs de bioaccumulation aussi élevés (supérieurs à 1 million), ce qui indique que ces substances se bioaccumulent dans le biote (USEPA 2009). Les invertébrés semblent être le groupe le plus sensible, ils ont une toxicité élevée pour l'exposition aiguë (CE_{50} de 48 heures = 0,043 à 11 mg/L) et chronique (concentration sans effet observé [CSEO] = 0,005 à 2 mg/L) des PCCC (USEPA 2009). Une toxicité élevée est associée aux expositions chroniques des poissons aux PCCC, mais pas aux expositions aiguës (CL_{50} de 96 heures = 300 à 10 000 mg/L et CSEO = 0,009 6 à 0,05 mg/L). Pour les plantes aquatiques, les expositions aiguës et chroniques des PCCC sont extrêmement toxiques (la CE_{50} de 96 heures varie de 0,043 à 0,39 mg/L et la CSEO varie de 0,012 à 0,39 mg/L) (USEPA 2009).

3 Politiques, règlements et programmes de gestion et de contrôle des PCCC

3.1 États-Unis

L'EPA des États-Unis a publié un [plan d'action final pour les PCCC en 2009](#), basé sur l'examen initial des informations facilement accessibles sur l'utilisation, l'exposition et les dangers.

3.1.1 Lois et règlements en vigueur

Avant 2013, basées sur des fractions, seules quatre paraffines chlorées figuraient dans l'inventaire de la TSCA (USEPA 2009) : les alcanes C₆₋₁₈, chloro (n° CAS 68920-70-7); les alcanes C₁₂₋₁₃, chloro (n° CAS 71011-12-6); les alcanes, chloro (n° CAS 61788-76-9); et les cires de paraffine et cires d'hydrocarbures, chloro (n° CAS 63449-39-8). Sur la base des conclusions de son plan d'action pour les PCCC, l'EPA des États-Unis a pris des mesures dans le cadre de la TSCA en janvier 2010 pour envisager d'interdire ou de restreindre la fabrication, l'importation, la transformation ou la distribution dans le commerce, l'exportation et l'utilisation des PCCC. Toutefois, les mesures ont été retirées en 2013 parce que l'EPA des États-Unis a conclu des accords de règlement avec les deux derniers fabricants de PCCC aux États-Unis.

Dans le cadre des règlements, les sociétés ont convenu de cesser la fabrication ou l'importation de PCCC, ce qui élimine la nécessité d'envisager des mesures en vertu de l'article 6 de la TSCA (USEPA/OECA 2012, 2012a). Les entreprises ont également accepté de soumettre un préavis de fabrication pour les PCCM et les PCCL. Par conséquent, de 2013 à 2017, la fabrication de diverses paraffines chlorées à chaîne moyenne (C₁₄₋₁₇), longue (C₁₈₋₂₀) et très longue (C₂₁ et plus) a fait l'objet de préavis, ont fait l'objet d'un examen et ont été inscrits à l'inventaire de la TSCA. Également à la suite de cet examen, l'Agence a imposé certaines limites en vertu d'un ordre d'assentiment (essais, tenue de dossiers et restrictions d'utilisation) afin de se garder contre tout risque potentiel déraisonnable. L'Agence a exigé que, dans un délai de cinq ans, certains PCCLs et/ou MCCLs soient potentiellement utiles pour évaluer le potentiel de persistance, de bioaccumulation et de toxicité (pour les organismes aquatiques et sédimentaires).

En 2014, un règlement sur les nouvelles utilisations importantes en vertu de la TSCA a été promulgué et est entré en vigueur pour les alcanes C₁₂₋₁₃, chloro (n° CAS : 71011-12-6), puisque l'EPA des États-Unis n'avait aucune preuve démontrant une fabrication ou un traitement de ces substances chimiques aux États-Unis. Ce règlement sur les nouvelles utilisations importantes exige que tous les fabricants (y compris les importateurs) et les transformateurs avisent l'EPA des États-Unis avant de commencer ou de reprendre de nouvelles utilisations importantes de ces produits chimiques (USEPA 2014). L'avis exigé par les règlements sur les nouvelles utilisations importantes, connu sous le nom de Déclaration de nouvelles utilisations importantes, oblige l'EPA à évaluer les risques potentiellement occasionnés par la nouvelle utilisation importante, y compris les risques pour les sous-populations potentiellement exposées ou sensibles désignées comme pertinentes par l'EPA dans les conditions d'utilisation, à prendre une décision en vertu de la loi et, le cas échéant, à réglementer l'activité proposée avant qu'elle se produise.

3.1.2 Mesures de prévention de la pollution

L'EPA des États-Unis et certains États et Tribus ont instauré des programmes de prévention de la pollution qui visent à réduire, à éliminer ou à prévenir la pollution à la source. La promulgation des SNUR pour les PCCC en 2014 est, de nature, une mesure de prévention de la pollution.

Les PCCC (C_{10-C13}) figurent sur la liste de substances chimiques du *Toxics Release Inventory* (TRI) de l'EPA des États-Unis en tant que catégorie appelée « alcanes polychlorés » (numéro d'identification N583). Les

installations assujetties aux exigences de déclaration du TRI qui fabriquent ou traitent plus de 25 000 livres ou qui utilisent plus de 10 000 livres de PCCC figurant dans le TRI au cours d'une année civile doivent déclarer les quantités rejetées dans l'environnement ou autrement gérées comme déchets (p. ex. quantités recyclées, traitées aux fins de destruction, brûlées aux fins de récupération d'énergie) et toute mesure de prévention de la pollution qu'elles ont mise en œuvre au cours de cette année civile au programme TRI de l'EPA au plus tard le 1^{er} juillet de l'année suivante. Ces renseignements sont mis à la disposition du public et peuvent être consultés et analysés par l'entremise de plusieurs outils en ligne de l'EPA. L'information sur la prévention de la pollution peut être facilement accessible et analysée à l'aide de l'outil de recherche de mesure de prévention de la pollution du TRI.

Pour l'année civile 2016, seules quatre installations aux États-Unis ont déposé un rapport auprès du TRI pour un PCCC (c.-à-d. sous forme d'alcanes polychlorés en C₁₀-C₁₃) figurant sur la liste des produits chimiques du TRI. De ces installations, seulement deux d'entre elles ont déclaré des quantités de rejets supérieures à zéro livre. L'une des installations est située à Sevierville, au Tennessee, et a déclaré avoir rejeté 351 livres sous forme d'émissions atmosphériques fugitives. Cette même installation a déclaré qu'elle a envoyé 68 000 livres de PCCC hors site pour être recyclés. L'autre installation, située à Sauget, dans l'Illinois, a déclaré avoir envoyé une livre de PCCC hors site aux fins de rejet (élimination). Cette même installation a également déclaré avoir traité 10 904 livres de PCCC sur place et 4 livres hors site.

Les deux autres installations sont situées à Rochester, dans l'état de New York et East Liverpool, dans l'Ohio. L'installation de Rochester a signalé qu'elle avait été envoyée à l'extérieur du site : 4 600 livres de PCCC à recycler, 3 000 livres à brûler aux fins de récupération d'énergie et 7 200 livres à traiter. L'installation dans l'Ohio a déclaré avoir traité 62 893 livres de PCCC sur place. Les deux installations n'ont déclaré aucune quantité de PCCC rejetée.

La base de données du TRI montre qu'entre 1995 (première année de déclaration des PCCC au TRI) et 2016, le nombre d'installations qui ont déposé des rapports auprès du TRI pour les PCCC a fortement diminué : de 76 installations (déclarées pour 1997) à quatre installations (pour 2016). Les rejets totaux ont également fortement diminué au cours de cette même période, passant de centaines de milliers de livres à 352 livres (en 2016).

L'outil de recherche des mesures de prévention de la pollution du TRI révèle que les installations ont mis en œuvre des pratiques en matière de prévention qui ont considérablement réduit les rejets de PCCC dans l'environnement. Ces pratiques de préventions comprennent l'installation de systèmes de récupération de vapeur et le remplacement des PCCC par des substances autres (ou qui n'en contiennent pas). On prévoit qu'avec l'accumulation de données sur les PCCC dans le TRI et la recherche sur d'autres additifs pour le travail des métaux, d'autres programmes de prévention de la pollution impliquant des PCCC entreront en vigueur à l'avenir.

3.1.3 Mesures de gestion des risques

Bien qu'aux États-Unis, la production, l'importation et la transformation des PCCC aient fait l'objet de mesures réglementaires et d'application, l'utilisation des PCCC déjà acquis ou le traitement et l'élimination d'articles usagés contenant des PCCC par les installations de gestion des déchets demeurent une source potentielle d'exposition environnementale.

3.1.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche

La contamination par les PCCC n'est pas régulièrement surveillée par l'EPA des États-Unis dans le bassin des Grands Lacs, toutefois l'agence de contrôle de la pollution (MPCA) a mené de multiples études à

l'échelle de l'État sur les concentrations environnementales des PCCC dans les poissons, les eaux de surface, les sédiments, les influents d'eaux usées, les effluents et les biosolides. Dans l'étude des tissus de poissons à l'échelle de l'état, des paraffines chlorées ont été détectées dans des poissons provenant de 27 % des lacs et de 69 % des rivières testées.

3.1.5 Lignes directrices et normes des États-Unis

Aucune émise à ce jour.

3.2 Canada

ECCC (anciennement EC) a publié une [Approche de gestion des risques proposée pour les paraffines chlorées](#) rédigée pour Environnement Canada et Santé Canada (EC et Santé Canada 2008). Ce document propose des mesures pour les paraffines chlorées de toutes les longueurs.

En 2013, le gouvernement du Canada a publié le *Règlement sur certaines substances toxiques interdites* pour protéger l'environnement canadien contre les risques occasionnés par PCCC en interdisant leur fabrication et en limitant sensiblement leur utilisation au Canada, ce qui réduira ainsi leur rejet dans l'environnement. Plus particulièrement, il interdit la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation au Canada des PCCC et de produits contenant des PCCC, à l'exception de quelques exemptions (EC 2012).

3.2.1 Mesures fédérales de gestion des risques

En 1993, EC et Santé Canada ont évalué les paraffines chlorées, qui figuraient sur la première Liste des substances d'intérêt prioritaire (LSIP1), afin de déterminer s'ils répondaient aux critères formulés à l'article 11 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) de 1988 (EC 1993). Ce rapport concluait que les PCCC pouvaient constituer un danger pour la vie ou la santé humaine. Cependant on ne disposait pas d'assez d'information pour savoir si les paraffines chlorées étaient nuisibles à l'environnement.

En 2008 et 2012, EC et Santé Canada ont publié deux rapports de suivi sur les paraffines chlorées qui concluaient ce qui suit (EC 2008b, Santé Canada 2012).

- Les paraffines chlorées comportant de 10 à 20 atomes de carbone pénètrent ou peuvent pénétrer dans l'environnement en une quantité ou une concentration ou dans des conditions de nature à avoir ou pouvant avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique et, donc, correspondent à la définition de « toxique » au sens de l'alinéa 64a) de la *Loi canadienne sur la protection de l'Environnement* (1999) (LCPE).
- Les paraffines chlorées contenant de 10 à 17 atomes pénètrent ou peuvent pénétrer dans l'environnement en une quantité ou une concentration ou dans des conditions qui constituent ou peuvent constituer un danger pour la vie ou la santé humaine au Canada et sont donc « toxiques » au sens de l'alinéa 64c) de la LCPE.
- De plus, les paraffines chlorées contenant jusqu'à 20 atomes de carbone répondent aux critères de quasi-élimination des rejets dans l'environnement.

En 2008, le gouvernement du Canada a publié une approche de gestion des risques posés par les paraffines chlorées afin de réduire au minimum l'exposition humaine aux paraffines chlorées à chaîne courte, moyenne et longue, dans la mesure du possible. L'objectif environnemental pour les paraffines chlorées comportant jusqu'à 20 atomes de carbone est leur quasi-élimination, en vertu du paragraphe 77(4) de la LCPE (1999) (EC 2008b). Afin d'atteindre l'objectif de gestion des risques et de

travailler à l'atteinte de l'objectif en matière d'environnement ou de santé humaine, le gouvernement du Canada a ajouté les PCCC au *Règlement sur certaines substances toxiques interdites de 2012*. Ce règlement a été publié dans la Partie II de la *Gazette du Canada* le 2 janvier 2013, et est entré en vigueur le 14 mars 2013 (EC 2013, GTD 2015).

Ce règlement interdit la production, l'utilisation, la vente ou l'importation de PCCC ou de produits en contenant, à quelques exceptions près. Des exigences de déclaration ont également été instituées pour la fabrication et l'importation des PCCC présents accidentellement. Ainsi, on peut considérer que les PCCC ne sont plus commercialisés au Canada, ce qui minimise, dans la mesure du possible, l'exposition humaine et environnementale. Toutefois, l'utilisation et l'élimination de produits acquis avant l'entrée en vigueur du règlement demeureront une source potentielle d'exposition environnementale. De plus, les PCCC peuvent continuer à fuir dans l'environnement par lixiviation des produits qui en contiennent dans les sites d'enfouissement, et ce durant plusieurs années après leur enfouissement.

Le Canada joue un rôle relativement aux PCCC du fait de sa participation à deux accords internationaux sur les polluants organiques persistants : la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Convention PATLD) de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEENU) et la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.

3.2.2 Mesures de prévention de la pollution

En 2018, le Canada a lancé l'Initiative de protection des Grands Lacs (IPGL), un programme de financement conçu pour aider à répondre aux engagements pris dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL). L'un des domaines prioritaires de l'IPGL est la réduction des rejets par des sources canadiennes de PCSPM (notamment de PCCC) dans les Grands Lacs, par le truchement de projets qui appuient des mesures visant des résultats surpassant les normes de conformité et à des démarches innovatrices.

3.2.3 Promotion de la conformité et application de la loi

Pour augmenter la conformité avec les outils de gestion des risques, on a recours autant à des activités de promotion de la conformité qu'à des mesures d'application de la loi. L'objectif de la promotion de la conformité est d'accroître la prise de conscience et la conformité volontaire avec les instruments réglementaires et non réglementaires, afin de limiter les dommages à l'environnement et de réduire la nécessité de recourir à des mesures d'application de la loi. Ces dernières sont prises de manière juste, prévisible et constante. Les activités d'application de la loi sont menées conformément aux politiques sur la conformité et l'application de la loi, accessibles en ligne. ECCC dirige les activités de promotion de la conformité et les activités d'application de la loi fondées sur le risque associées aux outils de gestion des risques posés par les PCCC en vigueur, y compris ceux qui découlent du *Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*.

3.2.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche

Deux mélanges commerciaux contenant des PCCC (nos CAS 85535-84-8 et 68920-70-7) sont actuellement classés comme des substances de la partie 1A de la liste de l'INRP. Il est obligatoire de faire une déclaration pour une ou plusieurs substances classées à la partie 1A si elles ont été fabriquées, traitées ou autrement utilisées à une installation, à une concentration d'au moins 1 % par poids (sauf pour les sous-produits et les résidus miniers) et à une quantité d'au moins 10 tonnes, et que les employés ont effectué un travail d'au moins 20 000 heures dans une installation.

Les déclarations à l'INRP passées et actuelles visant des PCCC (paraffines chlorées en C10-13, no CAS 85535-84-8) correspondent aux changements dans les utilisations industrielles de ces substances et l'interdiction des paraffines chlorées. En effet, depuis l'ajout des PCCC ajout à la liste des substances de l'INRP en 1999, les installations n'ont jamais déclaré de rejets à l'INRP et n'ont déclaré que des éliminations et des transferts aux fins de recyclage qui ont atteint un maximum en 2003 pour ensuite diminuer depuis (**Figure 2**).

Les déclarations de paraffines chlorées en C6-18 (no CAS 68920-70-7) à l'INRP, qui peuvent couvrir des PCCC (C10-13), des PCCM (C14-17) et des PCCL (C18-20), sont représentées à **Figure 3**. À l'instar des PCCC en C10-13 (no CAS 85535-84-8), aucune installation n'a fait de déclaration de rejets de paraffines chlorées en C6-18 (no CAS 68920-70-7) à l'INRP. En contrepartie, les déclarations d'élimination et de transfert de paraffines chlorées en C6-18 (no CAS 68920-70-7) à des fins de recyclage ont augmenté au cours des dernières années.

Afin de refléter les changements apportés aux pratiques industrielles en réponse aux règlements d'interdiction des PCCC, l'INRP a supprimé de sa liste les mélanges commerciaux contenant les PCCC suivants : C₁₀₋₁₃ (n° CAS 85535-84-8) et C₆₋₁₈ (n° CAS 68920-70-7) (ECCC 2017). Puisqu'elles sont inscrites à l'annexe 1 de la LCPE (Liste des substances toxiques), mais sont actuellement utilisées dans les procédés industriels, ces substances sont remplacées par des PCCM (de C₁₄₋₁₇) et des PCCL (de C_{18-C20}) ainsi que par des mélanges commerciaux contenant ces substances. Les PCCM et les PCCL seraient déclarés à partir du seuil de 1 tonne plutôt que 10 tonnes pour assurer un suivi adéquat de ces substances. Dans le cadre des nouvelles exigences, les renseignements déclarés à l'INRP sur les rejets, l'élimination et le recyclage des PCCM et PCCL sont rendus accessibles depuis la fin de 2019, et chaque année par la suite.

Les plans d'eau au Canada font l'objet d'une surveillance régulière des contaminants prioritaires dans le cadre d'un programme national de suivi et de surveillance par ECCC des contaminants dans le poisson. Le relevé le plus récent des concentrations de PCCC dans les poissons des plans d'eau canadiens a été réalisé entre 2010 et 2011 (Saborido Basconcillo et coll. 2015). En tant que PCSPM, les PCCC sont intégrés aux plans de surveillance des Grands Lacs en coopération avec l'EPA des États-Unis.

La surveillance et les mesures des PCCC sont effectuées dans l'air, les précipitations et la faune (y compris les poissons et les œufs d'oiseaux) à des sites partout au Canada, y compris dans le bassin des Grands Lacs.

3.2.5 Normes et recommandations pour la qualité de l'environnement au Canada

ECCC a publié les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement (RFQE) pour les PCCC en 2016, qui fournissent des points de référence pour la qualité de l'environnement ambiant (**Tableau 3**). Les RFQE pour les PCCC sont respectées dans toutes les zones des Grands Lacs (c.-à-d. dans l'eau, les tissus des poissons, les sédiments et le régime alimentaire des mammifères sauvages). Par conséquent, on s'attend à ce que le potentiel d'effets nocifs sur le récepteur cible (p. ex. la vie aquatique ou les espèces fauniques qui les consomment) soit négligeable. Bien que les RFQE n'aient pas de statut juridique, lorsqu'elles sont intégrées aux permis ou à d'autres instruments réglementaires, elles peuvent devenir juridiquement exécutoires en tant que partie intégrante de l'instrument.

3.3 Coordination binationale

3.3.1 Plans d'action et d'aménagement panlacustre

D'autres mesures binationales de prévention de la pollution provoquée par les PCCC ont été lancées par l'entremise de Plan d'action et d'aménagement panlacustre (PAAP) pour chacun des Grands Lacs. Le but d'un PAAP est d'évaluer l'état de chaque Grand Lac et de déterminer les facteurs de stress environnementaux qui sont mieux gérés à l'échelle panlacustre. Chaque PAAP intégrera les activités de la stratégie relative aux PCCC et toute mesure supplémentaire, le cas échéant.

3.3.2 Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

L'un des aspects qui composent l'AQEGL est la formation d'un groupe de travail sur l'Initiative des sciences coopératives et de surveillance (ISCS) en vertu de l'annexe 10. L'ISCS a pour mission de mettre en œuvre une initiative dirigée conjointement par les États-Unis et le Canada en vue de communiquer aux gestionnaires de l'environnement et de la pêche les connaissances techniques et les données de surveillance nécessaires à la prise de décisions relatives à l'aménagement de chacun des Grands Lacs. L'ISCS s'intéresse à chacun des lacs à tour de rôle, selon un cycle quinquennal. La visite d'un lac est suivie d'une année de campagne intensive sur le terrain (**Tableau 4**). Les activités scientifiques et le suivi centrés sur un des Grands Lacs chaque année peuvent être axés sur des besoins en informations qui ne sont pas collectées par les activités habituelles des organismes, et il est possible de coordonner des évaluations scientifiques particulières. Chacun des partenariats panlacustres définit les données scientifiques nécessaires en fonction du calendrier de l'ICSS, puis le groupe de travail suit ses recommandations comme il convient.

3.4 À l'échelle internationale

Des mesures sont en cours à l'échelle internationale pour limiter la disponibilité, l'utilisation, le rejet et le nombre global de sources de PCCC.

3.4.1 Protocole sur les polluants organiques persistants de la CEE-ONU

En 1998, l'organe exécutif de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) a adopté le Protocole sur les polluants organiques persistants (POP) et ciblé 16 substances devant être éliminées. En 2009, l'instance décisionnelle de la Commission a convenu que les PCCC répondent également aux critères d'un POP au sens de la Convention comme et l'a indiqué dans sa décision 2009/2. Ainsi, les PCCC ont été ajoutés au protocole aux fins d'élimination, avec deux dérogations : utilisation en tant que produits ignifuges dans le caoutchouc des convoyeurs utilisés par l'industrie minière et dans les matériaux d'étanchéité pour les barrages. Ces deux dérogations seront éliminées, une fois que des solutions de rechange appropriées auront été retenues (EU 2015).

3.4.2 Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants

En 2017, à la huitième Conférence des Parties à la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, les PCCC ont été ajoutées à la liste de l'annexe A avec des exemptions limitées dans le temps. Cette liste vise à éliminer la production, l'utilisation, l'importation et l'exportation de substances. La Convention, entrée en vigueur en 2004, a pour objectif de protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets nocifs des POP. Le Canada a été le premier pays à signer et à ratifier la Convention en 2001. Les États-Unis ont signé la Convention, mais doivent, à ce jour, la ratifier, l'accepter, l'approuver ou y adhérer. La Convention n'est donc pas encore entrée en vigueur aux États-Unis.

4 Analyse des écarts

4.1 Lacunes et actions nécessaires

Les concentrations de PCCC dans l'environnement constituent une lacune évidente dans les données. L'un des aspects de cette lacune est la difficulté à mesurer les mélanges complexes de PCCC (individuellement et conjointement avec les PCCM et les PCCL) dans les matrices environnementales. De toute évidence, des recherches sont nécessaires pour mettre au point des méthodes normalisées de quantification des mélanges complexes de paraffines chlorées dans diverses matrices environnementales. L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a mis au point de nouvelles méthodes d'analyse des PCCC dans l'eau, les sédiments, les boues d'épuration, les matières en suspension et le cuir (UNEP 2016). Les méthodes de l'ISO aideront à faire progresser le travail de production de méthodes normalisées.

Le Canada s'est doté d'une réglementation fédérale exigeant l'élimination de toute production et importation de PCCC. Aux États-Unis, l'EPA a pris des mesures d'application de la loi et de réglementation pour la fabrication (y compris l'importation), la transformation, la distribution dans le commerce et l'utilisation de PCCC. Ces mesures comprennent des accords de règlement d'application pour les PCCC, un règlement sur les nouvelles utilisations importantes des PCCC, et l'envoi et l'examen des préavis de fabrication des paraffines chlorées à chaîne moyenne, longue et très longue en vertu de la TSCA.

Toutefois, les émissions par des articles contenant des PCCC utilisés ou éliminés peuvent être une source potentielle à long terme dans l'environnement. Aucune information n'est accessible sur les émissions potentielles futures de ces matériaux.

Si d'une part, les PCCC font l'objet d'accords internationaux et qu'actuellement en Amérique du Nord, on en fabrique et on en utilise moins; d'autre part, dans d'autres parties du monde, ils continuent à être fabriqués et utilisés, et ainsi le transport sur de grandes distances constitue probablement une source continue de ces substances vers le bassin des Grands Lacs. Les concentrations actuelles des PCCC dans l'air, l'eau, les sédiments, les poissons et les espèces sauvages des Grands Lacs doivent être mesurées dans les environnements côtiers et extracôtiers des Grands Lacs. Sur la base de ces résultats, des plans de surveillance devraient être élaborés pour combler les lacunes de connaissances dans la répartition temporelle et géographique des PCCC dans divers milieux des Grands Lacs et pour mieux comprendre le risque potentiel posé par cette classe de produits chimiques sur le bassin des Grands Lacs.

De plus, il est nécessaire de s'assurer que les données sur les paramètres chimiques recueillies par l'EPA des États-Unis, le Canada, les gouvernements des états, des provinces, des tribus, des Premières Nations et des Métis et par d'autres programmes gouvernementaux sont uniformes, normalisées et structurées de manière à améliorer la surveillance binationale des PCCC. Une communication constante entre les parties est nécessaire pour s'assurer que les activités d'échantillonnage indépendantes produisent des données uniformes. Celles-ci pourraient être utilisées collectivement pour cerner des préoccupations et y répondre. On devrait idéalement créer un dépôt binational de données indexé par milieu (l'air, l'eau, le sol, le biote, etc.) et qui pourrait être consulté par les parties intéressées externes.

4.2 Dépassements ou non-observation par rapport aux recommandations pour la qualité de l'environnement

Les États-Unis n'ont pas promulgué de lignes directrices et de normes de qualité de l'environnement visant les PCCC. Les quelques données disponibles laissent à penser que les concentrations de PCCC

dans les Grands Lacs ne dépassent pas les RFQE du Canada (**Tableau 3**). Toutefois, on ne dispose actuellement que de rares données pour chaque milieu dans les Grands Lacs.

5 Options de gestion et d'atténuation des risques pour combler les lacunes

Les sous-sections suivantes contiennent des solutions, nouvelles ou en vigueur, visant à atténuer et gérer les risques qui pourraient se traduire par des gains mesurables (sur les plans qualitatif ou quantitatif) pour la santé humaine et l'environnement ou encore, par une meilleure compréhension des sources et du devenir des PCCC et des effets sur la santé humaine et l'environnement.

5.1 Réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion du risque

Le Canada s'est doté d'une réglementation fédérale exigeant l'élimination de toute production et importation de PCCC. Aux États-Unis, l'EPA a pris des mesures d'application de la loi visant à limiter toute nouvelle fabrication (y compris l'importation) et toute transformation des PCCC sans avis préalable à l'EPA et sans examen par celle-ci. En outre, les États-Unis exigent que les PCCC soient déclarées au Toxics Release Inventory, qui fournit des données sur les PCCC rejetées dans l'environnement ou autrement gérées comme des déchets (par exemple, quantités recyclées, traitées en vue de la destruction ou brûlées pour la récupération d'énergie), ainsi que toute activité de P2 réalisée.

Il est reconnu aux États-Unis que, depuis l'entrée en vigueur des SNUR, certaines quantités de produits commerciaux et industriels contenant des PCCC peuvent continuer d'être commercialisées; toutefois, les émissions industrielles ou d'autres quantités de déchets déclarées au TRI en vue d'une gestion devraient faire l'objet d'un suivi régulier par ce dernier, ce qui permettrait de savoir si ces quantités et le nombre d'installations qui les déclarent sont en baisse. Enfin, aux États-Unis, il convient d'encourager les mesures visant à trouver d'autres substances chimiques de substitution plus sûres pour les utilisations actuelles restantes des PCCC.

L'évaluation de la gestion des risques des paraffines chlorées à chaîne courte dans le cadre de la Convention de Stockholm a conclu que des solutions de rechange techniquement réalisables sont disponibles sur le marché pour toutes les utilisations connues des PCCC telles que les fluides pour le travail des métaux, le chlorure de polyvinyle, les utilisations du caoutchouc, l'application de produits d'étanchéité et d'adhésifs, les peintures et les revêtements, les utilisations dans les tissus et le cuir (PNUE 2016).

Résumé de la réglementation et autres options en matière de stratégie d'atténuation et de gestion des risques

- Maintenir l'interdiction de fabriquer, d'utiliser, de vendre et d'importer des PCCC et des produits qui en contiennent (Canada)
- Les renseignements sur la fabrication, la transformation et l'utilisation des PCCC sont recueillis conformément au règlement *Chemical Data Reporting* (CDR) de l'EPA dans le cadre des mises à jour régulières de l'inventaire de la TSCA (États-Unis)

5.2 Promotion de la conformité et application

Des stratégies de surveillance et de conformité sont nécessaires au Canada et aux États-Unis pour s'assurer que les règlements limitant ou interdisant l'utilisation des PCCC sont appliqués. Ces règlements ont été abordés à la section 3.

Résumé des mesures de promotion de la conformité et d'application de la loi proposées dans la stratégie

- Continuer à promouvoir et appliquer le *Règlement sur certaines substances toxiques interdites de 2012* en ce qui concerne les PCCC (Canada)
- Continuer à appliquer le règlement sur les nouvelles utilisations importantes du *Toxic Substances Control Act* pour les PCCC (États-Unis)

5.3 Prévention de la pollution

L'EPA des États-Unis, par l'intermédiaire du TRI, et ECCO, par l'intermédiaire de l'INRP, suivent les progrès de la réduction des émissions des PCCC par l'industrie. Les deux bases de données devraient être tenues à jour afin de présenter les activités de prévention de la pollution dans le bassin des Grands Lacs réalisées par les industries. Il pourrait être bon de souligner les réussites au chapitre de la prévention de la pollution dans le bassin des Grands Lacs pour sensibiliser la population, coordonner la sensibilisation dans des secteurs du bassin touchés et ailleurs, et réduire davantage la présence des PCCC dans l'environnement. Les réussites peuvent être signalées dans la presse, les sites Web, les documents gouvernementaux ou lors de congrès et autres communications de l'AQEGL (documents du PAAP, rapports triennaux, etc.).

La promotion de l'élimination appropriée des produits contenant du PCCC peut également contribuer à réduire les rejets de PCCC dans l'environnement.

Résumé des options en matière de stratégie de prévention de la pollution

- Sensibiliser davantage le public, et l'informer ainsi que le personnel des installations sur les sources potentielles de PCCC et les mesures appropriées à prendre si l'on trouve des produits contenant des PCCC (Canada et États-Unis).
- Encourager les industries à faire le suivi de leurs activités de prévention de la pollution déclarées par des installations au registre américain des émissions toxiques (TRI) de l'EPA et à divulguer leurs propres réalisations en la matière en déposant des rapports auprès du TRI (États-Unis).
- Promouvoir l'élimination appropriée des produits contenant des PCCC (Canada et États-Unis).

5.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche

Il est nécessaire de concevoir des méthodes normalisées et économiques de consignation et de mesure des concentrations de PCCC provenant de sources diverses. Les modèles devraient être améliorés pour inclure l'échange air-eau, et une étude de métadonnées qui passe en revue toutes les études de surveillance et de modélisation existantes serait très utile pour toutes les parties prenantes.

Les règlements concernant les PCCC devraient être régulièrement étudiés et actualisés pour s'assurer qu'ils sont conformes aux connaissances scientifiques disponibles.

Il faut des lignes directrices et des normes uniformes en matière de qualité de l'environnement. Le Canada a fixé des RFQE, mais les États-Unis n'ont pas promulgué de lignes directrices environnementales pour les PCCC.

L'EPA des États-Unis et ECCC ont publié un rapport intitulé *État des Grands Lac 2019* qui offre des renseignements accessibles sur l'état de l'environnement du bassin des Grands Lacs (ECCC et USEPA 2019). D'autres rapports de contrôle et de surveillance ont été diffusés dans des publications revues par des pairs, des sites Web et dans les réseaux sociaux. Chaque forme de communication des rapports cible un public particulier afin d'optimiser l'utilisation des résultats. On devrait continuer de publier les résultats des travaux de suivi dans de nombreux formats pour assurer la diffusion efficace des changements observés dans le bassin des Grands Lacs.

Les rapports à l'échelle du bassin ne contiennent pas de renseignement temporel et spatial sur l'environnement des Grands Lacs. Des efforts de surveillance systématique de la part des deux pays seraient inestimables pour comprendre l'état général du bassin des Grands Lacs en ce qui concerne les PCCC. Les travaux de surveillance entrepris par les deux pays doivent être coordonnés pour favoriser l'acquisition de données analytiques comparables qui serviraient à bâtir un cadre de travail national ou binational. Une communication efficace pour convenir d'une méthode binationale uniforme pourrait diminuer la confusion et améliorer la conformité par les membres du public.

Résumé des options relatives au suivi et à la surveillance et à d'autres travaux de recherche

- Surveiller régulièrement l'évolution à long terme des PCCC dans les milieux naturels des Grands Lacs et publier les résultats dans divers médias (p. ex. portails en ligne et de données ouvertes, rapports gouvernementaux et revues scientifiques) afin d'optimiser l'auditoire (Canada)
- Exploiter les sources de données existantes et les données sur l'exposition pour produire des orientations stratégiques et des plans se fondant sur la gestion adaptative (États-Unis)

5.5 Qualité de l'eau domestique

Le terme eau domestique désigne toute l'eau utilisée à l'intérieur ou à l'extérieur à des fins domestiques. À l'heure actuelle, il n'existe aucune norme sur la présence de PCCC dans l'eau potable aux États-Unis.

Résumé des options stratégiques concernant la qualité de l'eau domestique

- Mettre en œuvre des normes appropriées de qualité de l'eau domestique pour l'eau potable et les eaux de surface, dans la mesure où les ressources le permettent (États-Unis).

6 Conclusion

Les PCCC ont été désignés comme des PCSPM au sens de l'annexe 3 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs. Les données disponibles, bien que limitées, indiquent que la concentration globale des PCCC chez les grands poissons grands prédateurs des Grands Lacs pourrait être en déclin, mais que les concentrations dans les sédiments demeurent stables. Le déclin des concentrations observé chez les poissons des Grands Lacs peut indiquer une réaction positive aux règlements récents et aux initiatives volontaires au Canada et aux États-Unis qui éliminent ou réduisent la fabrication, l'importation ou l'utilisation des PCCC au Canada et aux États-Unis et, par conséquent, les rejets de ces substances dans l'environnement dans les deux pays.

Des concentrations des PCCC persistants persistent dans les sédiments, l'eau, l'air et les tissus biologiques dans l'ensemble du bassin des Grands Lacs et dans toute la planète. Les mesures binationales visant la fabrication et l'importation de PCCC ont réduit toute nouvelle source de PCCC, mais les renseignements limités indiquent que les concentrations environnementales existantes causées par les rejets historiques de ces composés demeurent préoccupantes dans les Grands Lacs. Ainsi, des efforts binationaux doivent être fournis en vue de réduire encore plus les risques que posent les PCCC pour la santé humaine ou l'environnement. Une attention soutenue est nécessaire pour mettre en œuvre la réglementation actuelle, mettre à jour les méthodes d'analyse afin de permettre une surveillance uniforme de la présence dans l'environnement et la détermination de la source des PCCC, accroître les mesures de prévention de la pollution et renforcer les activités de sensibilisation et d'éducation.

Une coopération binationale est nécessaire pour coordonner les interventions de contrôle et de surveillance, maximiser les initiatives de recherches et assurer un suivi rentable des concentrations des PCCC dans les Grands Lacs (sites d'enfouissement, sol, eau, air, tissus, etc.). La vaste galerie de partenaires qui s'investissent dans la protection et la restauration de l'écosystème des Grands Lacs est encouragée à mettre en œuvre les solutions d'atténuation et de gestion des risques décrites dans le présent document. Nous encourageons les progrès continus dans la mise en œuvre de nouveaux moyens ou l'amélioration des moyens existants pour atténuer et gérer les risques liés aux PCCC afin de mieux protéger la santé humaine et la santé de l'écosystème du bassin des Grands Lacs.

7 Tableaux

Tableau 1. Désignation des paraffines chlorées à chaîne courte, moyenne ou longue

Paraffine chlorée ($C_xH_{(2x-y+2)}Cl_y$)	Carbone (x)	Chlore (y)
Chaîne courte (PCCC)	10 - 13	3 - 12
Chaîne moyenne (PCCM) ^b	14 - 17	
Chaîne longue (PCCL) ^b	18 - 38	

^b Cette subdivision des paraffines chlorées n'entre pas dans le champ d'application de la présente stratégie binationale, mais peut être citée en référence en raison de facteurs scientifiques et techniques relatifs aux PCCC.

Tableau 2. Gamme des propriétés physiques des PCCC

Propriété	Plage	% chloration
Masse moléculaire	320 — 500	
Pression de vapeur (Pa)	$2,8 \times 10^{-7}$ — 0,028	48 — 71
Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol)	0,68 — 17,7	48 — 56
Hydrosolubilité (µg/L)	6,4 — 2 370	48 — 71
log K_{oe}	4,39 — 8,69	48 — 71
log K_{oa}	8,2 — 9,8	48 — 56
Log K_{co}	4,1 — 5,44	

Source : EC (2008a)

Tableau 3. Recommandations fédérales canadiennes pour la qualité de l'environnement relatives aux PCCC et concentrations dans les Grands Lacs

Milieu	RFQE du Canada	Concentrations dans les Grands Lacs	Unités
Eau	2,4	0,000606 – 0,001935	µg/L
Tissus des poissons	2,7	0,012 – 0,037	µg/g lipides
Sédiments ^a	1,8	0,049	mg/kg base sèche
Régime alimentaire des mammifères et de la faune	18	Non disponible	mg/kg nourriture de poids humide

^a valeurs normalisées à 1 % de carbone organique Sources : GTD (2015), Saborido Basconcillo et coll. (2015), ECCC (2016)

Remarque : Les RFQE du Canada sont également disponibles pour les paraffines à chaîne moyenne et longue (ECCC 2016)

Tableau 4. Cycle de rotation de l'initiative des sciences coopératives et de surveillance

Grands Lacs	Année ciblée
Huron	2002, 2007, 2012, 2017
Ontario	2003, 2008, 2013, 2018
Érié	2004, 2009, 2014, 2019
Michigan	2005, 2010, 2015, 2020
Supérieur	2006, 2011, 2016, 2021

8 Figures

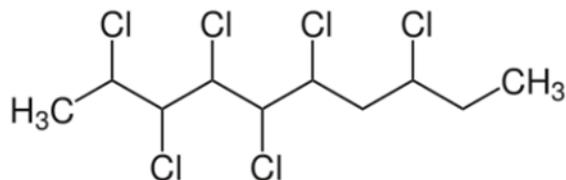


Figure 1. Structure représentative d'un PCCC

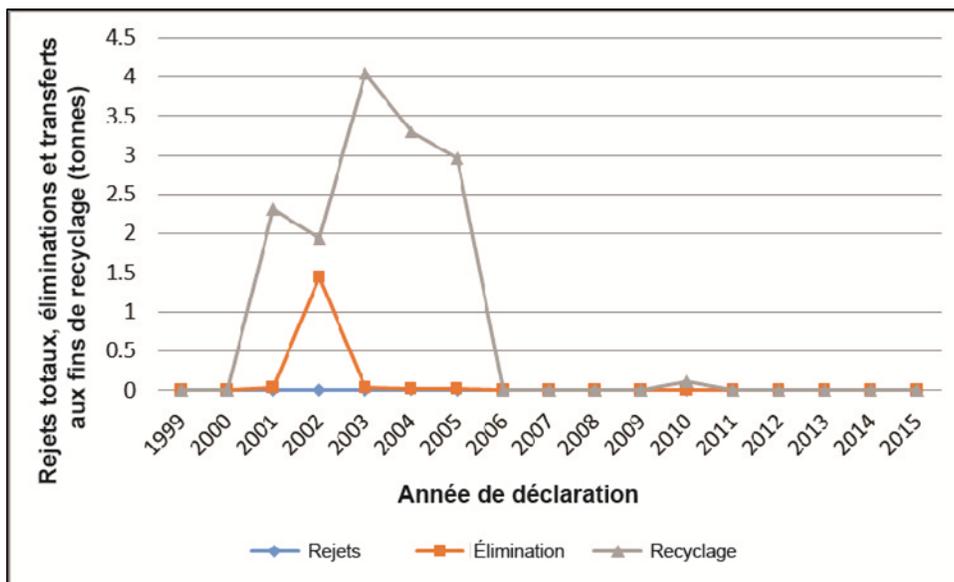


Figure 2. Rejets déclarés à l'INRP, éliminations et transferts aux fins de recyclage des alcanes C₁₀₋₁₃, chloro- (N° CAS 85535-84-8).

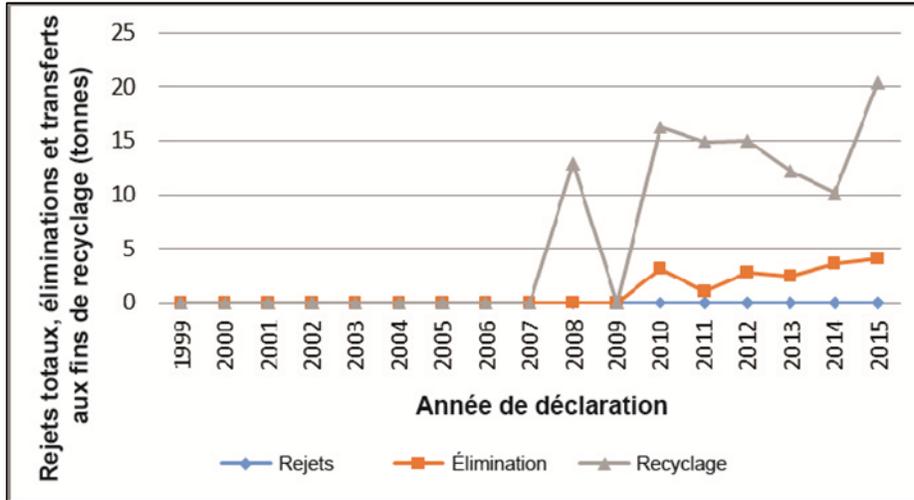


Figure 3. Rejets déclarés à l'INRP, éliminations et transferts aux fins de recyclage des paraffines chlorées C₆₋₁₈ (N° CAS 68920-70-7).

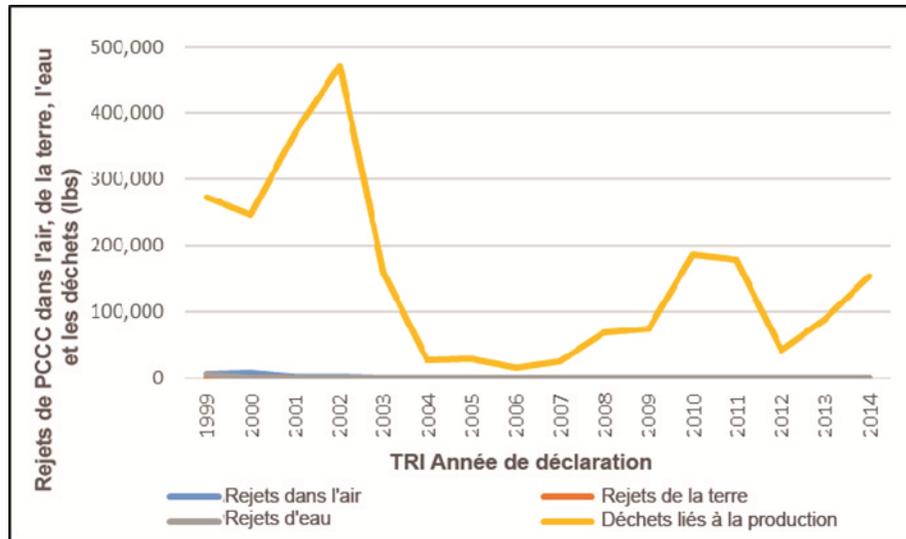


Figure 4. Registre américain des émissions toxiques (TRI) de l'EPA rejets des paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) par année de déclaration.

9 Références

- Environnement et Changement climatique Canada (2016). *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement Alcanes chlorés*. En ligne : <http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=C4148C43-1>. Environnement et Changement climatique Canada.
- Environnement et Changement climatique Canada (2017). *Modifications proposées à l'Inventaire national des rejets de polluants*. Gouvernement du Canada. En ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/inventaire-national-rejets-polluants/consultation-publique/changements-proposes.html> (consulté en août 2017).
- Environnement et Changement climatique Canada et USEPA. (2019). *État des Grands Lac 2019 Rapport Technique*. No de catalogue : En161-3/1F-PDF. EPA 905-R-20-004. Disponible sur binational.net.
- Environnement Canada (2008a). *Rapport de suivi d'une évaluation de substances de la LSIP1 pour laquelle les données étaient insuffisantes pour conclure si elles étaient « toxiques » pour l'environnement et la santé humaine*. https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/main/lcpe-cepa/documents/substances/pc-cp/pcs_suivi-fra.pdf. Environnement et Changement climatique Canada. Gouvernement du Canada. Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
- Environnement Canada (2008b). *Approche de gestion des risques proposée pour les paraffines chlorées*. Environnement et Changement climatique Canada. En ligne : <https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=D048964A-1> (consulté en janvier 2017).
- Environnement Canada (2012). *Sommaire sur les alcanes chlorés*. En ligne : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/fiches-renseignements/en-bref/sommaire-alcanes-chlores.html> consulté le 4 octobre 2017).
- Environnement Canada (2013). *Liste des substances toxiques : Alcanes chlorés*. Gouvernement du Canada. En ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-substances-toxiques/liste-loi-canadienne-protection-environnement/alcanes-chlores.html> (consulté en janvier 2017).
- Environnement Canada (2013a) *Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*. En ligne : <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2013/2013-01-02/html/sor-dors285-fra.html> (consulté en mars 2018).
- Environnement Canada (1993). *Canadian Environmental Protection Act, Priority Substances List Assessment Report: Chlorinated Paraffins*. (0-662-205154 DSS; En40-215/17E). Santé Canada.
- EU (2015). « Commission Regulation (EU) 2015/2030. » *Journal officiel de l'Union européenne* : 1-3.
- Bureau européen des substances chimiques. (2008). *European Union Risk Assessment Updated Report of Alkanes, C₁₀₋₁₃, chloro*. (EUR 23396 EN). Luxembourg. Institut pour la santé et la protection des consommateurs. Commission européenne.
- Feo, M. L., E. Eljarrat, D. Barceló et D. Barceló (2009). « Occurrence, Fate and Analysis of Polychlorinated n-Alkanes in the Environment. » *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **28**(6) : 778-791.
- Fisk, A. T., S. C. Wiens, G. R. B. Webster, Å. Bergman et D. C. G. Muir (1998). « Accumulation and Depuration of Sediment-Sorbed C12- and C16-Polychlorinated Alkanes by Oligochaetes (*Lumbriculus variegatus*). » *Environmental Toxicology and Chemistry* **17**(10) : 2019-2026.
- Gluge, J., C. Bogdal et M. Scheringer. (2015). *Additional Information on Short-Chain Chlorinated Paraffins: Review of World-Wide Measurements of Short-Chain Chlorinated Paraffins (SCCP) in Environmental Samples and in Humans*. (UNEP/POPS/POPRC.11/INF/14). 11^e réunion du Comité d'examen de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.

- Glüge, J., Z. Wang, C. Bogdal, M. Scheringer et K. Hungerbühler (2016). « Global production, use, and emission volumes of short-chain chlorinated paraffins – A minimum scenario ». *Science of The Total Environment* vol. 573, p. 1132-1146.
- Halfman, J.D., D.E. Dittman, R.W. Owens et M.D. Etherington (2006). « Storm-induced Redistribution of Deepwater Sediments in Lake Ontario ». *J. Great Lakes Res.* 32:348–360.
- Santé Canada. (2012). « Mise à jour de l'évaluation des risques pour la santé humaine - Alcanes chlorés à chaîne longue », En ligne : <http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=14B8724F-14B8724F-9BC3-432C-B155-B8BE7BBFC34E/Chlorinated%20Alkalenes%20-%20FR.pdf>.
- Houde, M., D. C. G. Muir, G. T. Tomy, D. M. Whittle, C. Teixeira et S. Moore (2008). « Bioaccumulation and Trophic Magnification of Short- and Medium-Chain Chlorinated Paraffins in Food Webs from Lake Ontario and Lake Michigan. » *Environmental Science & Technology* 42(10): 3893-3899.
- Huang, H., Gao, L., Xia, D. Qiao, L., Wang, R., Su, G., Liu, W., Liu, G., Zheng, M. (2017). « Characterization of short- and medium-chain chlorinated paraffins in outdoor/indoor PM10/PM2.5/PM1.0 in Beijing, China ». *Environmental pollution* (Barking, Essex : 1987). 225. 10.1016/j.envpol.2017.03.054.
- Ismail, N., S. B. Gewurtz, K. Pleskach, D. M. Whittle, P. A. Helm, C. H. Marvin et G. T. Tomy (2009). « Brominated and Chlorinated Flame Retardants in Lake Ontario, Canada, Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) Between 1979 and 2004 and Possible Influences of Food-Web Changes. » *Environmental Toxicology and Chemistry* 28(5): 910-920.
- GTD. (2015). Binational Summary Report: Chlorinated Paraffins (Short, Medium and Long Chain). (<https://binational.net/wp-content/uploads/2015/05/EN-CPs-Binational-Summary-Report-Final-Draft.pdf>). Groupe de travail de détermination.
- Li, H., J. Fu, A. Zhang, Q. Zhang et Y. Wang (2016). « Occurrence, Bioaccumulation and Long-Range Transport of Short-Chain Chlorinated Paraffins on the Fildes Peninsula at King George Island, Antarctica. » *Environment International* 94: 408-414.
- Lozano, S.J., J.V. Scharold, et T.F. Nalepa (2001). « Recent declines in benthic macroinvertebrate densities in Lake Ontario ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58 : 518–529. doi: 10.1139/cjfas-58-3-518.
- Luo, Xiao-Jun, Yu-Xin Sun, Jiang-Ping Wu, She-Jun Chen et Bi-Xian Mai (2015) "Short-chain chlorinated paraffins in terrestrial bird species inhabiting an e-waste recycling site in South China", *Environmental Pollution*, vol. 198, p. 41-46, ISSN 0269-7491, doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.023.
- Marvin, C. H., S. Painter, G. T. Tomy, G. A. Stern, E. Braekevelt et D. C. G. Muir (2003). « Spatial and Temporal Trends in Short-Chain Chlorinated Paraffins in Lake Ontario Sediments. » *Environmental Science & Technology* 37(20): 4561-4568.
- Muir, D., G. Stern et G. Tomy (2000). «Chapter 8", *Chlorinated Paraffins. Anthropogenic Compounds Part K*. O. Hutzinger et J. Paasivirta. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. 3: 203-236.
- Nicholls, C.R., C.R. Allchin et R.J. Law. 2001. "Levels of short and medium chain length polychlorinated n-alkanes in environmental samples from selected industrial areas in England and Wales". *Environ. Pollut.* 114 : 415–430. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00230-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00230-X).
- Qiao, Lin, Dan Xia, Lirong Gao, Huiting Huang et Minghui Zheng (2016) « Occurrences, sources and risk assessment of short- and medium-chain chlorinated paraffins in sediments from the middle reaches of the Yellow River, China », *Environmental Pollution*, vol 219, p. 483-489, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.057>.
- Reth, M., A. Ciric, G.N. Christensen, E.S. Heimstad et M. Oehme (2006). "Short- and medium-chain chlorinated paraffins in biota from the European Arctic — differences in homologue group patterns", *Science of The Total Environment*, vol. 367, no 1, p. 252-260, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.12.014>.

- Saborido Basconcillo, L., S. M. Backus, D. J. McGoldrick, D. Zaruk, E. Sverko et D. C. G. Muir (2015). « Current Status of Short- and Medium Chain Polychlorinated n-Alkanes in Top Predatory Fish Across Canada. » *Chemosphere* **127**: 93-100.
- Stevens, J.L., G.L. Northcott, G.A. Stern, G.T. Tomy and K.C. Jones. 2002. PAHs, PCBs, PCNs, organochlorine pesticides, synthetic musks and polychlorinated n-alkanes in UK sewage sludge: survey results and implications. *Environ. Sci. Technol.* **37**: 462–467.
- UNEP (2015). *Risk Profile on Short-Chained Chlorinated Paraffins*. (UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.2). Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 11^e réunion du Comité d'examen sur les polluants organiques persistants.
- UNEP. (2016). *Risk Management Evaluation on Short-Chain Chlorinated Paraffins*. (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.3). Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Persistent Organic Pollutants Review Committee, twelfth meeting.
- UNEP (2017). *2017 An introduction to the chemicals added to the Stockholm Convention as Persistent Organic Pollutants by the Conference of the Parties*. Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. En ligne : <http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>.
- USEPA. (2009). *Short-Chain Chlorinated Paraffins (SCCPs) and Other Chlorinated Paraffins Action Plan*. (En ligne : <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/short-chain-chlorinated-paraffins-sccps-and-other>). United States Environmental Protection Agency.
- USEPA/OECA (2012). *Dover Chemical Company Settlement*. US EPA Office of Enforcement and Compliance Assurance (OECA). (En ligne : <https://www.epa.gov/enforcement/dover-chemical-company-settlement>).
- USEPA/OECA (2012a). *Ineos-Chlor Americas Settlement*. US EPA Office of Enforcement and Compliance Assurance (OECA). (<https://www.epa.gov/enforcement/ineos-chlor-americas-settlement>).
- USEPA (2016). *Short-Chain Chlorinated Paraffins*. US Environmental Protection Agency. En ligne : <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/short-chain-chlorinated-paraffins> (consulté en janvier 2017).
- US General Services Administration (2013). *Short-Chained Chlorinated Paraffins (SCCPs); Regulation(s) Under Toxic Substances Control Act (TSCA) 2070-AJ69* EPA. 2070-AJ69.
- van Mourik L.M., P.E.G. Leonards, C. Gaus et J. de Boer (2015). « Recent developments in capabilities for analysing chlorinated paraffins in environmental matrices: A review ». *Chemosphere* vol. 136, 259–272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.05.045>.
- van Mourik L.M., I. van der Veen, S. Crum et J. de Boer (2018). « Developments and interlaboratory study of the analysis of short-chain chlorinated paraffins. » *Trends in Analytical Chemistry* vol. 102, 32e40. En ligne : <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.01.004>.
- van Mourik, L.M., C. Gaus, P.E.G. Leonards et J. de Boer (2016) « Chlorinated paraffins in the environment: A review on their production, fate, levels and trends between 2010 and 2015 ». *Chemosphere*. vol. 55, p. 415-428. en ligne : doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.037.
- Wang, X. T., Y. Zhang, Y. Miao, L. Ma, Y. Li, Y. Chang et M. Wu (2013). "Short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) in surface soil from a background area in China: occurrence, distribution, and congener profiles" *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 20, no 7, pp 4742–4749. doi: [10.1007/s11356-012-1446-3](https://doi.org/10.1007/s11356-012-1446-3).
- Zeng, L., T. Wang, W. Han, B. Yuan, Q. Liu, Y. Wang et G. Jiang (2011). « Spatial and Vertical Distribution of Short Chain Chlorinated Paraffins in Soils from Wastewater Irrigated Farmlands ». *Environmental Science & Technology* vol. 45 (6), 2100-2106 doi : [10.1021/es103740v](https://doi.org/10.1021/es103740v).