

Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux

Guide du rétablissement
naturel surveillé dans
les sites aquatiques
contaminés fédéraux



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

Canada

N° de cat. : En14-558/2025F-PDF
ISBN : 978-0-660-72372-3
EC25059

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
Édifice Place Vincent Massey
351 boul. Saint-Joseph
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Ligne sans frais : 1-800-668-6767
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par
la ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2025

Also available in English

Résumé

Formant une part importante du processus global de gestion des substances chimiques, les évaluations de la mesure du rendement informent les Canadiens sur l'efficacité des mesures de gestion des risques prises à l'égard des substances toxiques. Le présent rapport porte sur l'évaluation du rendement de l'approche de gestion des risques appliquée aux composés inorganiques de cadmium, qui ont été déterminés comme posant un risque pour l'environnement.

La gestion des risques des composés inorganiques de cadmium a été choisie pour une évaluation de la mesure du rendement parce que ces substances répondent à plusieurs des critères de préparation indiqués dans le document [*Mesure du rendement stratégique : évaluation de l'efficacité des mesures de gestion des risques pour la protection des Canadiens et de leur environnement*](#). Parmi ces critères figurent l'écoulement d'un temps suffisant depuis la mise en œuvre des outils de gestion des risques pour que l'on puisse évaluer les effets ainsi que la disponibilité de données sur les indicateurs de rendement clés.

Des composés inorganiques de cadmium se retrouvent dans l'environnement par la suite du rejet de cadmium lors de processus naturels comme les feux de forêt, l'activité volcanique, l'érosion et la météorisation ainsi que lors d'activités humaines comme la production de métaux, la combustion de combustibles fossiles, la fabrication, l'utilisation et l'élimination de produits, et l'épandage de boues d'épuration. En 1994, le gouvernement a publié une évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire (l'évaluation de 1994), qui concluait que plusieurs composés inorganiques de cadmium pénétraient dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir un effet nocif sur l'environnement et à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines. Pour cette raison, ces composés ont été inscrits à l'annexe 1, *Liste des substances toxiques*, de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* en 2000.

L'inscription d'une substance à la Liste des substances toxiques permet au gouvernement du Canada d'envisager de prendre des mesures afin de gérer et réduire les risques de la substance pour les humains et l'environnement. Il peut par exemple élaborer des règlements, des lignes directrices, des codes de pratiques ou d'autres mesures permettant de régir tout aspect quelconque du cycle de vie de la substance. Pour gérer les risques des composés inorganiques de cadmium, il a décidé de s'appuyer sur les mesures existantes de contrôle des rejets de métaux et d'autres substances toxiques, plutôt que de concevoir de nouvelles mesures. Le gouvernement vise à empêcher ou à réduire autant que possible les rejets de composés inorganiques de cadmium (c'est l'objectif de gestion des risques) et à réduire les concentrations dans l'environnement à des niveaux inférieurs à ceux censés causer des effets nocifs (c'est l'objectif environnemental). Le présent rapport évalue l'efficacité de l'approche de gestion des risques et les mesures prises pour réduire les risques posés par les composés inorganiques de cadmium pour l'environnement depuis 1994, dresse un bilan des progrès vers l'atteinte des objectifs environnemental et de gestion des risques, et évalue les efforts déployés par Environnement et Changement climatique Canada pour communiquer les risques environnementaux des composés inorganiques de cadmium au public.

De manière générale, l'évaluation de la mesure du rendement a permis de constater que des progrès ont été réalisés vers l'atteinte des objectifs environnemental et de gestion des risques. Les mesures de gestion des risques ont généralement été efficaces pour réduire les rejets provenant des sources préoccupantes indiquées dans l'évaluation de 1994. Les rejets industriels de cadmium ont diminué de plus de 95 % depuis 1994, surtout grâce à des réductions obtenues dans le secteur de la fusion

et de l'affinage des métaux communs, qui demeure cependant la plus grande source de tels rejets dans l'environnement. Ce secteur et les autres secteurs préoccupants devraient continuer de réduire les rejets en appliquant des mesures de gestion des risques existantes. Il conviendrait par ailleurs de modifier les mesures, au besoin, pour tenir compte des développements dans les pratiques environnementales exemplaires et les meilleures technologies disponibles, et permettre le suivi du taux de mise en œuvre des mesures volontaires.

La diminution des rejets industriels a donné lieu à une réduction des concentrations environnementales de cadmium à des valeurs qui sont inférieures aux concentrations préoccupantes à bien des endroits, mais qui dépassent encore celles censées causer des effets nocifs dans quelques régions du Canada (par exemple les Grands Lacs). La surveillance des concentrations de cadmium dans l'environnement doit se poursuivre, afin que l'on obtienne des données probantes pour de futures évaluations. Il faudrait combler autant que possible les lacunes dans la surveillance, un travail qui pourrait présenter des occasions de collaboration avec les provinces et les territoires, et qui pourrait bénéficier de l'utilisation de nouvelles technologies dans les régions éloignées. Il serait également avantageux de procéder à la surveillance dans une diversité d'emplacements, pour permettre de comparer les données des régions près de sources ponctuelles aux concentrations de fond. Il est également recommandé de mener des études sur les concentrations produisant des effets nocifs et les effets subchroniques du cadmium dans les tissus des poissons et des espèces sauvages pour permettre une meilleure évaluation des niveaux de risque environnemental. Il convient également de continuer la surveillance pour comprendre les effets des rejets de cadmium provenant de sources aux États-Unis sur les concentrations environnementales au Canada. La modélisation du transport chimique constituerait un autre outil utile pour déterminer les sources transfrontalières de rejets de cadmium. Les données qui en découleraient pourraient servir à faire progresser et à renforcer les accords bilatéraux avec les États-Unis.

En ce qui concerne les secteurs et les sources de rejets pour lesquels aucune mesure de gestion des risques n'a été prise afin de contrôler les rejets de métaux, y compris le cadmium, on ne constate aucun déclin; les rejets sont demeurés stables ou ont augmenté au fil du temps. Puisque les principales sources de rejets étaient visées par les mesures mises en œuvre dans les années 1990 et au début des années 2000, les sources sans mesures de contrôle forment à présent une plus grande part du profil de rejets. Par exemple, les rejets associés au chauffage résidentiel, commercial et institutionnel ne sont assujettis à aucune mesure fédérale de gestion des risques et représentent près du quart des rejets atmosphériques de cadmium. Il y aurait lieu d'examiner les sources de rejets non prises en compte dans l'évaluation de 1994 pour déterminer s'il faut prendre des mesures de gestion des risques supplémentaires. Les rejets provenant des effluents des fabriques de pâtes et papiers et des installations de traitements des eaux usées sont d'importants contributeurs aux rejets totaux de cadmium dans l'eau, selon les inventaires de rejets. Cependant, on en sait peu sur la source du cadmium trouvé dans les influents d'eaux usées et sur les concentrations de cadmium dans l'environnement près des endroits où sont rejetés les effluents des fabriques de pâtes et papiers. Il est recommandé de mener des études supplémentaires sur ces sources et d'envisager, au besoin, la prise de mesures de gestion des risques pour atténuer les rejets de cadmium.

Peu de documents de communication ont été publiés sur le cadmium dans l'environnement et les risques environnementaux associés. La communication devrait s'améliorer, car Environnement et Changement climatique Canada a récemment redoublé d'efforts pour rendre plus accessibles les informations sur la gestion des risques liés aux substances toxiques. Les travaux en cours pour

améliorer l'accès du public aux données, y compris des tableaux de bord plus conviviaux, aideront davantage les Canadiens à comprendre les risques des substances toxiques, leurs sources et les mesures qu'ils pourraient prendre pour aider à prévenir la pollution.

En résumé, les activités humaines continuent de rejeter du cadmium dans l'environnement, ce qui entraîne des concentrations supérieures à celles où des effets nocifs sont attendus. Il faut procéder à des études pour déterminer s'il est possible de réduire encore les rejets et s'il est nécessaire de mettre en place de nouvelles mesures de gestion des risques pour certains secteurs et certaines sources. La collaboration continue avec les partenaires nationaux et internationaux est importante pour gérer les rejets dans les régions et secteurs qui dépassent les compétences fédérales. Il est recommandé d'effectuer une évaluation de suivi sur le rendement des mesures de gestion des risques d'ici 2033 pour permettre la mise en œuvre des nouvelles mesures, s'il y a lieu, et la collecte de données environnementales et de mesure du rendement. Les données environnementales seront importantes pour les futures évaluations et fourniront des éléments probants pour les futurs travaux d'évaluation et de gestion des risques.

Une évaluation de la mesure du rendement concernant l'efficacité des mesures prises par le gouvernement du Canada pour réduire les risques pour la santé humaine posés par les composés inorganiques de cadmium sera réalisée séparément par Santé Canada.

Table des matières

Résumé.....	1
1 Introduction	7
1.1 Sources, devenir et effets de l'exposition	7
1.2 Approche fédérale de gestion des risques des composés inorganiques de cadmium.....	8
1.3 Évaluation de la mesure du rendement pour le volet écologique des composés inorganiques de cadmium	10
2 Rejets de cadmium provenant d'activités humaines au Canada	11
2.1 Inventaires de rejets	12
2.1.1 Rejets dans l'air.....	14
2.1.2 Rejets dans l'eau.....	18
2.1.3 Rejets au sol.....	21
2.1.4 Élimination, traitement des déchets et recyclage.....	24
Constats et recommandations	29
2.2 Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies	30
2.2.1 Rejets dans l'eau.....	30
2.2.2 Rejets au sol.....	31
2.2.3 Ruissellement des eaux de surface.....	31
2.2.4 Analyse de la charge de contaminants	32
Constats et recommandations	33
2.3 Rejets provenant du lixiviat de sites d'enfouissement municipaux et des eaux usées municipales	34
2.3.1 Lixiviat de sites d'enfouissement de déchets solides municipaux	34
2.3.2 Eaux usées municipales	35
Constats et recommandations	38
2.4 Suivi des effets sur l'environnement	38
2.4.1 Rejets des mines de métaux et de diamants	39
2.4.2 Rejets des fabriques de pâtes et papiers	44
Constats et recommandations	44
2.5 Conclusion sur les rejets de cadmium provenant de sources anthropiques	45
3 Le cadmium dans l'environnement.....	46
3.1 Air	46
3.1.1 Lignes directrices sur la qualité de l'air	47
3.1.2 Concentrations de cadmium dans l'air au Canada et comparaison avec les lignes directrices pour la qualité de l'air.....	48

3.1.3	Tendances temporelles des concentrations atmosphériques de cadmium	55
	Constats et recommandations	58
3.2	Milieu aquatique.....	60
3.2.1	Comprendre la présence naturelle du cadmium dans l'environnement et les effets des conditions aquatiques sur la toxicité	60
3.2.2	Sédiments	62
3.2.3	Eaux de surface	77
3.2.4	Poissons	89
	Constats et recommandations	98
3.3	Espèces sauvages.....	99
3.3.1	Effets toxicologiques et risques d'une exposition élevée au cadmium.....	99
3.3.2	Concentrations de cadmium dans les espèces sauvages au Canada	101
3.3.3	Tendances temporelles du cadmium dans les espèces sauvages.....	104
3.3.4	Tendances spatiales du cadmium dans les espèces sauvages	106
	Constats et recommandations	110
3.4	Conclusion sur le cadmium dans l'environnement	111
4	Gestion des risques.....	112
4.1	Mesures de gestion des risques	112
4.1.1	Production de métaux et de minéraux	113
4.1.2	Pâtes et papiers	129
4.1.3	Emploi de combustibles dans des installations fixes.....	131
4.1.4	Déchets et biosolides municipaux	133
4.1.5	Mesures multisectorielles	139
4.2	Collaboration et accords nationaux et internationaux	144
4.3	Conclusion sur la gestion des risques	148
5	Communication des risques	149
5.1	Communications gouvernementales sur le cadmium	149
5.2	Évaluation des efforts de communication des risques au public	150
5.3	Constats et recommandations.....	150
5.4	Conclusion sur la communication des risques	151
6	Évaluation de l'efficacité de la gestion des risques du cadmium.....	152
6.1	Efficacité de l'approche de gestion des risques.....	152
6.1.1	Progrès vers l'atteinte de l'objectif de gestion des risques	153
6.1.2	Progrès vers l'atteinte de l'objectif environnemental.....	154
6.1.3	Réponse aux sources d'exposition nouvelles ou émergentes	155

7	Prochaines étapes.....	156
8	Références.....	159
	Annexe 1 – Indicateurs et autres renseignements pris en compte dans l'évaluation.....	171
	Annexe 2 – Renseignements supplémentaires sur le cadmium dans l'environnement.....	186
	Échantillonnage passif de l'air	186
	Surveillance de la qualité de l'eau douce	188
	Poissons.....	192
	Espèces sauvages	198
	Annexe 3 – Initiatives fédérales de gestion des risques pertinentes pour l'évaluation.....	216

1 Introduction

Le gouvernement du Canada vise à réduire les risques posés par les substances déterminées comme étant toxiques pour les Canadiens et l'environnement en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* (LCPE) en prenant des mesures de gestion des risques au titre du Plan de gestion des produits chimiques. Formant une part importante du processus global de gestion des substances chimiques, les évaluations de la mesure du rendement informent les Canadiens sur l'efficacité des mesures de gestion des risques prises à l'égard des substances toxiques. L'approche établie pour évaluer cette efficacité et déterminer l'atteinte des objectifs liés aux substances toxiques est décrite dans la *Stratégie d'évaluation de la mesure du rendement pour la gestion des risques des substances toxiques* (Environnement et Changement climatique Canada, 2020b).

Le présent rapport a pour but d'évaluer l'approche de gestion des risques suivie par le gouvernement du Canada à l'égard des composés inorganiques de cadmium. Plus précisément, il vise à déterminer si les objectifs établis pour cette substance ont été atteints, si des mesures supplémentaires sont requises ou si l'approche de gestion des risques n'a pas eu les résultats escomptés.

Santé Canada présentera un rapport distinct sur les résultats de son évaluation de l'efficacité des mesures prises par le gouvernement du Canada pour protéger la santé humaine.

1.1 Sources, devenir et effets de l'exposition

Le cadmium est un métal élémentaire présent naturellement dans la croûte terrestre. On le trouve rarement à l'état d'élément (métallique) dans la nature, car il est le plus souvent combiné à d'autres éléments pour former ce que l'on appelle des composés. Lorsque ces composés contiennent du carbone, ils sont appelés composés organiques, et lorsqu'ils n'en contiennent pas, ils sont appelés composés inorganiques. On ne possède aucune donnée montrant la présence de composés organiques de cadmium dans la nature (World Health Organization, 1992).

Des processus naturels comme les feux de forêt, l'activité volcanique, l'érosion, la météorisation et le cycle océanique peuvent rejeter des composés inorganiques de cadmium dans l'environnement. Il a été estimé que les émissions mondiales de cadmium découlant de processus naturels s'élevaient à environ 41 000 t par année au milieu des années 1990, dont environ 53 t provenaient du Canada (Richardson *et al.*, 2001). Des composés inorganiques de cadmium sont également rejetés dans l'environnement par des activités humaines (anthropiques), comme la combustion de charbon, l'extraction de métaux, la fabrication, l'utilisation et l'élimination de produits, et l'épandage de boues d'épuration (Gouvernement du Canada, 1994). Il est estimé qu'au milieu des années 1990, les émissions mondiales de cadmium atteignaient 2 983 t et que celles du Canada étaient d'environ 61 t (Pacyna & Pacyna, 2001).

Le cadmium est obtenu principalement en tant que sous-produit de l'affinage du zinc, mais on le récupère également dans des produits recyclés ou des déchets industriels (MacLachy, 1992; Gouvernement du Canada, 1994). Le Canada est le quatrième plus grand producteur de cadmium (U.S. Geological Survey, 2022). Cette substance peut se trouver dans de nombreux produits, comme les batteries, les peintures et revêtements, les céramiques, les plastiques et les photopiles.

Le cadmium ne se dégrade pas dans l'environnement et peut se trouver dans l'air, l'eau, le sol, les sédiments, les plantes et les animaux, y compris les humains. Les composés inorganiques de cadmium se forment lorsque le cadmium se lie à d'autres éléments dans l'environnement. Ils

peuvent par exemple découler d'émissions de cadmium provenant d'activités à haute température, comme la production et l'affinage de métaux ou les processus de combustion. Ces particules peuvent rester dans l'air pendant quatre semaines et en sont retirées par la pluie ou la gravité (United Nations Environment Programme, 2019). Les grosses particules tombent sur le sol ou dans l'eau à proximité de la source d'émission, tandis que les petites particules peuvent être transportées sur de longues distances et se déposer à quelques milliers de kilomètres de la source (U.S. Environmental Protection Agency, 1980). Les composés inorganiques de cadmium peuvent comprendre le chlorure de cadmium (CdCl_2), le bromure de cadmium (CdBr_2), l'iodure de cadmium (CdI_2), le nitrate de cadmium [$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$] et le sulfate de cadmium (CdSO_4) (Gouvernement du Canada, 1994).

Le cadmium lui-même ne se dissout pas facilement dans l'eau, mais ses composés sont très solubles (facilement dissous dans l'eau). En raison de cette grande solubilité, les composés inorganiques de cadmium qui pénètrent dans l'eau ou les milieux aquatiques peuvent être transportés en aval, loin du point de rejet initial. Une fois dans l'eau, ils peuvent aussi se retrouver dans les sédiments en s'attachant à de petites particules flottantes qui coulent ultérieurement jusqu'au fond. Si les conditions dans les sédiments ou l'eau au-dessus changent, les composés inorganiques de cadmium dans les sédiments peuvent se dissoudre à nouveau et ainsi retourner dans l'eau.

Dans la nature, des facteurs physiques et chimiques influent sur la forme, le devenir et la toxicité du cadmium ainsi que sur son absorption par les plantes et les animaux (biodisponibilité). Par exemple, dans les milieux aquatiques, l'acidité, la dureté, la salinité et la teneur en matières organiques peuvent influencer la quantité de cadmium absorbée par un animal ou une plante, et le caractère toxique ou non toxique de la substance. Dans le sol, la forme et la toxicité dépendent de l'acidité, de la taille des particules de sol, de l'humidité et de la teneur en matières organiques (Kubier et al., 2019).

Les animaux peuvent absorber du cadmium lorsque des composés inorganiques de ce métal sont présents dans les aliments ou l'eau qu'ils ingèrent ou dans l'air qu'ils respirent. Le cadmium s'accumule dans leur corps (bioaccumulation) et, à des concentrations suffisamment élevées, peut provoquer une réduction de la croissance, une variation du poids des organes et des dommages aux organes, des cancers, une réduction de la capacité de reproduction, des retards cognitifs et de développement, et des modifications du comportement (Gouvernement du Canada, 1994).

1.2 Approche fédérale de gestion des risques des composés inorganiques de cadmium

En 1994, le gouvernement a publié une évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire (l'évaluation de 1994) portant sur les risques du cadmium et de ses composés. L'évaluation concluait que plusieurs composés inorganiques de cadmium pénétraient dans l'environnement en une quantité ou une concentration ou dans des conditions qui avaient ou pouvaient avoir un effet nocif sur l'environnement et qui pouvaient constituer un danger au Canada pour la santé ou la vie humaines. Elle mentionnait plusieurs secteurs préoccupants comme sources de rejets de composés inorganiques de cadmium dans l'environnement, qui entraînaient des concentrations susceptibles de causer des dommages à l'environnement. Ces secteurs comprenaient la production de métaux (en particulier la fusion et l'affinage des métaux communs), l'emploi de combustibles dans des installations fixes (pour la production d'électricité et le chauffage), le transport, l'élimination des déchets solides et l'épandage des boues d'épuration.

À la lumière des conclusions de l'évaluation de 1994, les composés inorganiques de cadmium ont été ajoutés à l'annexe 1, *Liste des substances toxiques*, de la LCPE en 2000. Leur inscription à cette liste a donné au gouvernement le pouvoir de prendre des mesures pour réduire les risques qui leur sont associés tout au long de leur cycle de vie, de la recherche et du développement à la fabrication, à l'utilisation, au stockage, au transport et à l'élimination finale, conformément à la [Politique de gestion des substances toxiques](#) de 1995. Cette politique établit un cadre de gestion prudente et préventive pour la prise de décisions basées sur la science concernant les substances toxiques. Ses principaux objectifs de gestion sont les suivants :

- l'élimination virtuelle de l'environnement des substances toxiques qui résultent principalement de l'activité humaine et qui sont persistantes et bioaccumulables (désignées substances de la voie 1 dans la politique);
- la gestion des autres substances toxiques et des substances préoccupantes pendant tout leur cycle de vie afin d'empêcher ou de minimiser leur rejet dans l'environnement (désignées substances de la voie 2 dans la politique).

La politique établit aussi des approches de gestion pour les substances toxiques, et a donné lieu à la détermination des composés inorganiques de cadmium comme des substances de la voie 2. Ces composés sont naturellement présents dans l'environnement, donc leur élimination complète de celui-ci est impossible.

L'approche adoptée pour les substances de la voie 2 consiste à empêcher ou à réduire au minimum les rejets en tenant compte des contributions anthropiques aux rejets totaux, des effets sur l'environnement et la santé, de la technologie et des aspects socioéconomiques. Elle permet au gouvernement de mettre en place des mesures réglementaires et non réglementaires de prévention et de réduction de la pollution. Des mesures supplémentaires peuvent être élaborées si les rapports sur les rejets ou la surveillance de l'environnement indiquent des problèmes ou des effets résiduels sur l'environnement ou la santé publique. Cette approche vise à permettre la conception de mesures de gestion des risques pour l'une ou l'autre des parties du cycle de vie de la substance et pour l'un ou l'autre des milieux naturels, selon les besoins.

La mise en œuvre de la *Politique de gestion des substances toxiques* a conduit à l'élaboration d'une phase de gestion des risques appelée Processus des options stratégiques. Ce dernier soulignait l'importance d'employer les meilleures technologies et pratiques de prévention de la pollution et de lutte antipollution soutenues par des considérations socioéconomiques, et de les faire suivre autant que possible par des programmes de surveillance de l'environnement. Ces programmes visaient à faciliter la détermination du besoin de mesures supplémentaires en fonction d'évaluations propres à un site ou à une industrie.

Dans le cadre du Processus des options stratégiques, des groupes sectoriels multipartites (appelés tables de concertation) ont été mis sur pied entre le milieu et la fin des années 1990. Les tables de concertation ont discuté des mesures de gestion pour des secteurs précis afin de gérer les rejets de substances toxiques. Celles établies pour la fusion de métaux communs, la production d'électricité à partir de charbon et la fabrication d'acier ont listé les composés inorganiques de cadmium parmi les substances toxiques rejetées par ces secteurs. Les résultats des tables de concertation ont entraîné la publication de codes de pratiques écologiques pour les aciéries intégrées et non intégrées en vertu des dispositions de l'article 54 de la LCPE en 2001,

ainsi que du Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affineries de métaux communs. Ces codes de pratiques comprennent des recommandations visant à réduire les rejets de métaux, notamment des composés inorganiques de cadmium, et sont toujours en vigueur.

Le Plan de gestion des produits chimiques a été présenté en 2006. Le gouvernement a annoncé que dans le cadre de ce plan, il évaluerait et gérerait, au besoin, les risques potentiels pour la santé et l'environnement associés à environ 4 300 substances. Un exercice de priorisation a été entamé en raison du grand nombre de substances nécessitant une évaluation et possiblement une gestion des risques. L'objectif était de permettre au gouvernement de se concentrer sur les substances n'ayant pas déjà été traitées. Il a été considéré que les composés inorganiques de cadmium avaient déjà été traités et étaient gérés de manière adéquate grâce aux activités d'évaluation et aux mesures de gestion des risques antérieures. Par conséquent, aucune approche ou stratégie de gestion des risques propres à ces substances n'a été élaborée. L'approche adoptée consistait à continuer de gérer les risques de ces composés par la mise en œuvre des mesures existantes et de la *Politique de gestion des substances toxiques*.

1.3 Évaluation de la mesure du rendement pour le volet écologique des composés inorganiques de cadmium

L'évaluation vise à faire le point sur l'efficacité de l'approche suivie par le gouvernement pour gérer les risques environnementaux des composés inorganiques de cadmium depuis l'évaluation de 1994. Elle tiendra compte de toutes les mesures de gestion des risques pertinentes prises et évaluera leur efficacité par un examen des tendances des rejets anthropiques et des concentrations de cadmium¹ dans l'environnement ainsi que des résultats des rapports sur la mesure du rendement des instruments.

Pour évaluer le rendement des mesures de gestion des risques prises par le gouvernement, il importe de vérifier si l'approche de gestion des risques a entraîné la mise en œuvre de mesures qui ont contribué à l'atteinte des objectifs fixés pour la substance. À la lumière des objectifs de la Politique de gestion des substances toxiques et après un examen des objectifs de gestion des risques propres aux substances proposés pour d'autres substances métalliques toxiques, les objectifs environnementaux et de gestion des risques suivants sont proposés aux fins de la présente évaluation :²

- Objectif de gestion des risques : réduire les rejets anthropiques de composés inorganiques de cadmium au niveau le plus bas possible sur les plans technique et économique, en tenant compte des facteurs socioéconomiques.

¹ Bien que les composés inorganiques de cadmium soient inscrits à la Liste des substances toxiques, la déclaration, la surveillance et la gestion des risques visent le cadmium en général parce que les essais en laboratoire ne sont habituellement pas spécifiques au niveau des composés. Par ailleurs, il n'existe pas de preuve de la présence de composés d'organocadmien dans la nature, et le cadmium élémentaire est rarement trouvé à l'état naturel dans l'environnement. Le cadmium se trouve surtout à l'intérieur de composés où il peut être oxydé en Cd²⁺. Pour ces raisons, le cadmium inorganique total servira d'indicateur des composés inorganiques de cadmium, et sera mentionné sous le nom de « cadmium » à des fins de simplicité.

² Un objectif relative à la santé humaine pourrait être proposé dans le rapport sur la mesure du rendement visant la toxicité pour la santé.

- Objectif environnemental : réduire les rejets anthropiques canadiens de composés inorganiques de cadmium de manière à ne pas dépasser les concentrations censées causer des effets nocifs pour l'environnement, en tenant compte des concentrations de fond.

Cette évaluation compte trois volets qui concourront à permettre une évaluation des progrès accomplis vers l'atteinte des objectifs environnemental et de gestion des risques. Dans le premier volet, les progrès seront évalués par une analyse d'indicateurs montrant les tendances des rejets anthropiques et des concentrations environnementales. Cette analyse comprendra une comparaison de l'état actuel des conditions à leur état antérieur avant la mise en œuvre des outils de gestion des risques (conditions de référence). D'autres indicateurs et approches seront aussi utilisés, notamment la comparaison de l'état actuel à des cibles et à des lignes directrices établies (voir l'Annexe 1 – *Indicateurs et autres renseignements pris en compte dans l'évaluation*, pour une liste des indicateurs utilisés). Ces autres méthodes seront particulièrement importantes dans les cas où il n'existe pas de données sur les conditions de référence.

Dans le deuxième volet, les progrès seront évalués selon les résultats des évaluations du rendement menées sur des mesures de gestion des risques individuelles. On utilisera aussi d'autres indicateurs utiles pour évaluer le rendement global de l'approche de gestion des risques adoptée afin de réduire au minimum les rejets de composés inorganiques de cadmium dans l'environnement provenant des secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994.

Le troisième volet de l'évaluation consistera à déterminer si les mesures de contrôle sont suffisantes et si le progrès global est raisonnable et accompli en temps opportun. Des efforts seront déployés pour établir des liens entre les résultats des premier et deuxième volets et la mise en œuvre des stratégies et outils de gestion des risques, mais ce travail sera difficile étant donné les multiples variables externes. L'objectif sera de déterminer ces liens selon l'information disponible tout en reconnaissant les incertitudes. De plus, les nouveaux renseignements (par exemple préoccupations émergentes et nouvelles sources d'exposition) seront pris en compte pour assurer l'efficacité à long terme des mesures en place.

La communication d'information sur les risques des composés inorganiques de cadmium pour l'environnement sera également évaluée dans le cadre du troisième volet en tenant compte des conclusions de l'[audit mené en 2018](#) par la commissaire à l'environnement et au développement durable (CEDD). Le rapport connexe indiquait qu'Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada n'en faisaient pas assez pour informer le public sur les risques pour la santé et l'environnement liés aux substances toxiques.

Pour conclure, le présent rapport d'évaluation de la mesure du rendement fera des recommandations sur la nécessité d'envisager de nouvelles mesures de gestion des risques, les initiatives de communication, la modification de l'approche ou des objectifs de gestion des risques, les nouvelles sources d'exposition, et le besoin d'évaluations supplémentaires.

2 Rejets de cadmium provenant d'activités humaines au Canada

Les tendances des rejets dans l'environnement provenant d'activités humaines peuvent servir d'indicateurs pour évaluer les progrès vers l'atteinte de l'objectif de gestion des risques consistant à réduire les rejets anthropiques de cadmium au plus bas niveau possible. Les sources de rejets anthropiques sont surveillées dans le cadre de programmes fédéraux. Le gouvernement fédéral

exige que les installations industrielles déclarent la quantité de substances toxiques rejetées lors de leur exploitation. La présente section de l'évaluation examine les tendances des rejets dans l'environnement en mettant l'accent sur les secteurs préoccupants, et relève les domaines pour lesquels une étude plus approfondie des risques émergents pourrait être justifiée. Les tendances à la baisse des rejets dans l'environnement indiquent que des progrès ont été accomplis vers l'atteinte de l'objectif de gestion des risques.

2.1 Inventaires de rejets

Inventaire national des rejets de polluants

L'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) est l'inventaire public du Canada des polluants rejetés, éliminés et recyclés. Il fait le suivi de plus de 320 polluants dans plus de 7 000 installations au pays. Les installations déclarantes comprennent les usines qui fabriquent diverses marchandises, les mines, les exploitations pétrolières et gazières, les centrales électriques et les usines de traitement des eaux usées. Les renseignements recueillis dans le cadre du programme de l'INRP aident le gouvernement à établir des priorités en matière d'environnement et à surveiller la performance environnementale. Des données de l'INRP sont publiées chaque année sur toutes les installations tenues de faire une déclaration.

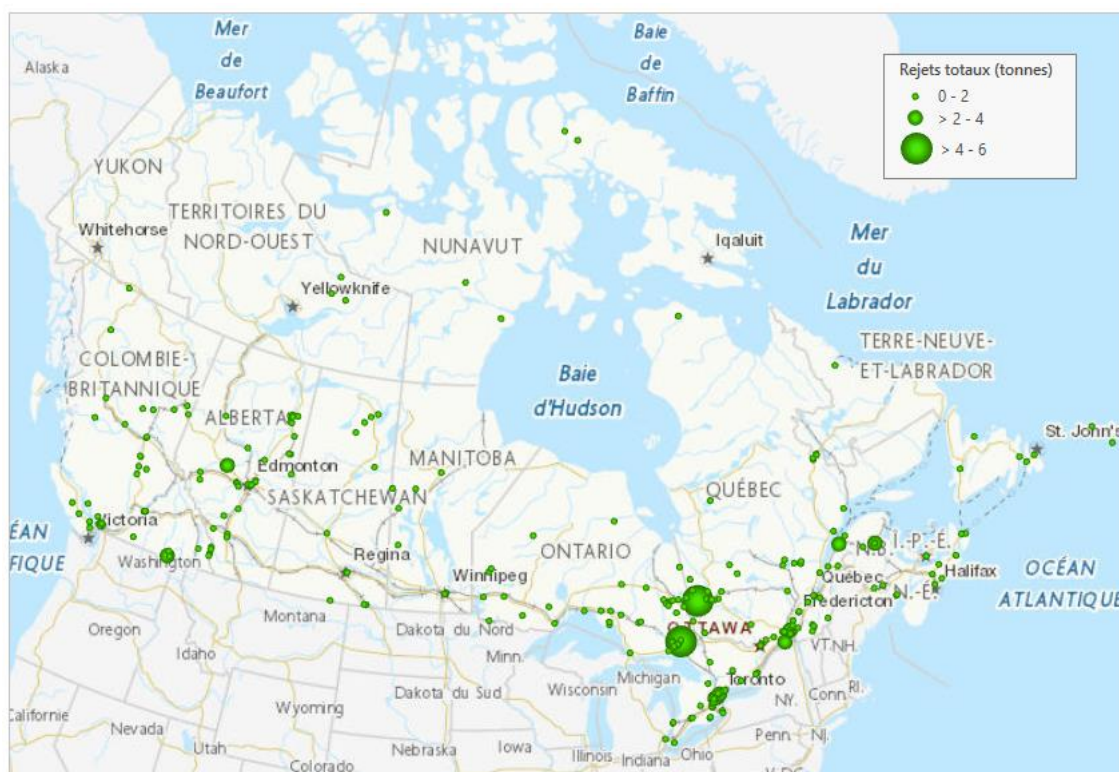


Figure 1. Rejets totaux de cadmium et de ses composés déclarés à l'INRP au Canada en 2020.

Chaque année, les entreprises, les établissements et les autres installations canadiennes qui satisfont aux [exigences de déclaration](#) doivent déclarer leurs rejets, éliminations et transferts hors site de polluants à l'INRP conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Les exigences de déclaration à l'INRP ont changé au fil des ans. En ce qui concerne le cadmium, le seuil de déclaration pour la fabrication, la transformation ou toute autre utilisation de la substance

à une installation a été réduit en 2002; il est passé de 10 t à une concentration de 1 % à 5 kg à une concentration de 0,1 %. Ce seuil de 5 kg s'applique aussi aux installations où le cadmium peut être produit de manière fortuite ou utilisé comme sous-produit, ou est contenu dans les résidus miniers ou les stériles non inertes, quelle que soit la concentration (Environnement et Changement climatique Canada, 2022a).

Un rapport produit en 2013 par Environnement et Changement climatique Canada indique la couverture sectorielle estimée des installations assujetties aux exigences de déclaration de l'INRP (Environnement Canada, 2013). Il présente des estimations de la proportion d'installations, d'employés ou de volumes de production au Canada qui étaient comptabilisés dans l'INRP, secteur par secteur. En outre, il donne une estimation du taux de conformité aux exigences de déclaration à l'INRP. L'étude a révélé que si des lacunes subsistent, toutes les centrales électriques au charbon, fonderies de métaux de première transformation, aciéries, installations d'exploitation des sables bitumineux, plateformes de forage pétrolier et gazier en mer, raffineries de pétrole brut, grandes usines d'assemblage d'automobiles et installations de production de ciment Portland en activité avaient fait une déclaration à l'INRP pour l'année examinée (2008). Des taux de couverture élevés ont également été observés pour les mines et les usines de transformation des minerais métalliques canadiennes.

Des taux plus faibles de couverture de l'INRP ont été constatés pour d'autres types d'installations, notamment les usines de fabrication de produits du bois, les usines de fabrication de papier, les fonderies, les usines de fabrication de caoutchouc et de plastique, les installations de fabrication de matériel de transport, les installations d'extraction de pétrole et de gaz classiques, les carrières et les sablières, les mines de minéraux non métalliques et les installations de traitement des déchets et des eaux usées. Dans la plupart des cas, les faibles taux de couverture sectorielle étaient dus au fait que de nombreuses installations de ces secteurs sont petites et n'atteignent pas les seuils de déclaration obligatoire. Dans certains cas, ces taux résultaient de la non-conformité des installations aux exigences de déclaration à l'INRP. Pour ces installations et secteurs, le rapport recommandait des enquêtes supplémentaires et des activités prioritaires de promotion de la conformité.

Les données de l'INRP sont organisées par secteurs industriels selon les codes publiés par le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (codes du SCIAN). Il convient de noter qu'une même installation présentant une déclaration à l'INRP peut effectuer des activités associées à plus d'un code de secteur industriel. Bien que les installations puissent indiquer plus d'un code du SCIAN à l'INRP (au besoin), les rejets ne sont pas ventilés par code, ce qui rend difficile d'établir exactement à quelles activités industrielles sont dus les rejets de cadmium et d'autres substances d'une installation.

Inventaire des émissions de polluants atmosphériques

L'Inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA) est un inventaire exhaustif des polluants de l'air à l'échelle nationale, provinciale et territoriale. Il regroupe les données sur les émissions de 17 polluants atmosphériques contribuant au smog, aux pluies acides et à la mauvaise qualité de l'air qui remontent jusqu'en 1990. L'IEPA tire ses données de nombreuses sources différentes. Les données sur les émissions déclarées à l'INRP par les installations, et dans une moindre mesure les données fournies directement par les provinces, sont complétées par des données obtenues à l'aide d'outils et de méthodes d'estimation scientifique bien documentés servant à quantifier les émissions totales. Ensemble, ces sources de données permettent de dresser un portrait complet des émissions de polluants atmosphériques au Canada.

Il importe de noter que lorsque les installations font une première déclaration à l'INRP, les codes du SCIAN qu'elles emploient servent à les répartir provisoirement dans les secteurs et les sous-secteurs de l'IEPA (Environnement et Changement climatique Canada, 2022d). Des recherches et vérifications supplémentaires sont ensuite menées pour confirmer ou corriger la classification. La classification établie est utilisée pour les années de déclaration subséquentes, tant que les activités de l'installation ne changent pas. Pour cette raison, il se peut que les données de l'INRP et de l'IEPA ne concordent pas lors de certaines années pour une installation, si celle-ci a produit des déclarations en se servant de codes du SCIAN différents.

L'information fournie par l'INRP et l'IEPA peut servir à surveiller les tendances des rejets de cadmium dans l'environnement au fil du temps et est utile pour évaluer si l'approche de gestion des risques a contribué à la réalisation des objectifs environnemental et de gestion des risques. L'IEPA est la principale source d'information utilisée pour indiquer les rejets dans l'air, tandis que l'INRP est la principale source d'information pour les rejets au sol et dans l'eau. Les données de l'INRP servent également à estimer le nombre d'installations déclarant des rejets.

2.1.1 Rejets dans l'air

Environ 4,12 t de cadmium ont été rejetées dans l'air au Canada en 2020, selon l'IEPA (Environnement et Changement climatique Canada, 2022d). Ensemble, les industries des minerais et des minéraux, la combustion de combustibles pour le chauffage dans les milieux résidentiels, commerciaux et institutionnels, et la fabrication sont à l'origine de 86 % des émissions de cadmium (Figure 2).

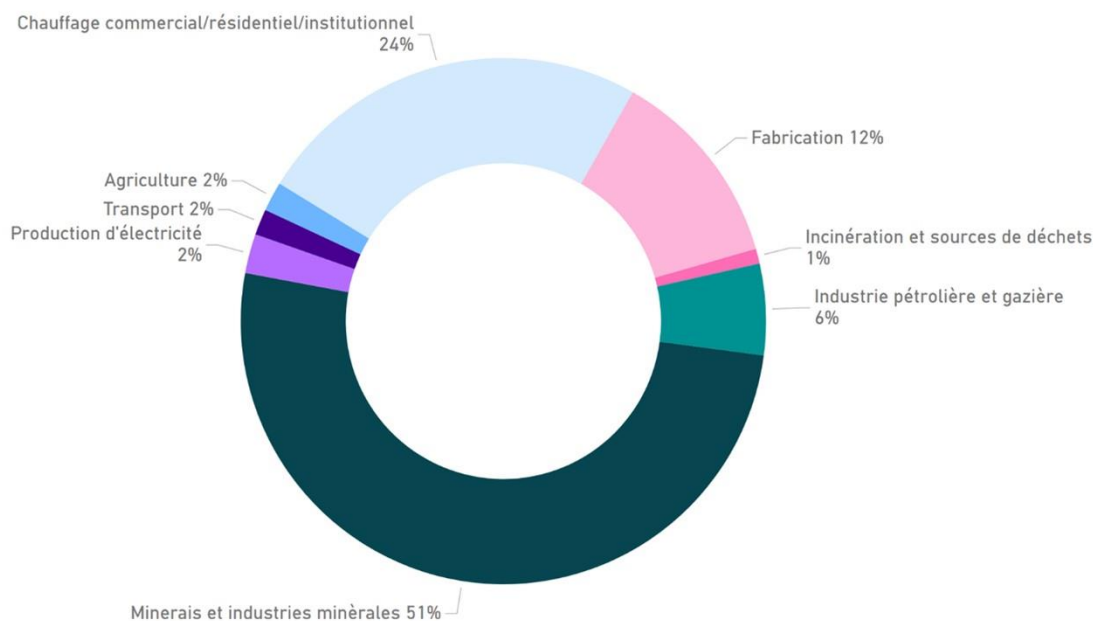


Figure 2. Profil des émissions canadiennes de cadmium en 2020 selon l'IEPA.

Entre 1994 et 2020, les émissions nationales de cadmium ont chuté de 95 % (71,8 t) (

Figure 3). Cette tendance est presque entièrement attribuable aux déclinis dans le secteur de la fusion et de l'affinage des métaux non ferreux, la majorité des réductions ayant été réalisées dans

les fonderies et affinerie de métaux communs, dont les émissions de cadmium sont passées de 73,1 t en 1994 à 2,09 t en 2020. Les émissions de ce secteur ont fluctué grandement entre 1994 et 2006, mais diminué de façon constante à compter de 2007. Les fluctuations antérieures à 2010 découlaient surtout des émissions d'une seule fonderie au Manitoba, qui est aujourd'hui fermée. Les émissions de ce secteur peuvent fluctuer fortement d'une année à l'autre en raison des variations dans la composition du minerai et la quantité de minerai traité.

En 2020, les émissions de cadmium provenant de la production d'électricité et d'énergie étaient de 27 % inférieures à celles de 1994. Elles ont varié au fil du temps. Les niveaux sont restés stables de 1994 à 2001, à environ 0,14 t. En 2002, les émissions ont fait un bond important et ont continué d'augmenter pour atteindre un sommet de 0,75 t en 2011. Par la suite, elles ont considérablement diminué et sont demeurées sous les niveaux de 1994 depuis 2017.

Les émissions de la combustion de combustibles pour le chauffage des locaux et de l'eau dans les milieux résidentiels, commerciaux et institutionnels sont restées plutôt stables depuis 1994. En ce qui a trait au secteur des transports, les émissions de cadmium ont lentement diminué de 62 % depuis 1994, passant de 0,17 t à 0,06 t.

Les émissions de cadmium provenant de l'incinération ainsi que du traitement et de l'élimination des déchets ont aussi diminué, de 52 %, depuis 1994, passant de 0,079 t à 0,038 t. Ce déclin a été rapide après 2002, puis lent jusqu'à environ 2009, après quoi les émissions sont demeurées assez stables, bien qu'elles présentent une légère tendance à la hausse depuis 2017. En 2020, l'incinération et les déchets n'étaient responsables que de 1 % des émissions totales de cadmium.

En général, les secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994 étaient à l'origine de la majeure partie des émissions de cadmium en 2020. Toutefois, en raison des réductions réalisées dans ces secteurs, particulièrement celui des métaux et des minerais, la proportion de leurs émissions par rapport à celles des autres secteurs s'amoindrit. Les rejets des secteurs préoccupants représentaient 98 % des émissions de cadmium en 1994, mais 80 % en 2020.

Bien que le secteur de la fabrication n'était pas caractérisé comme préoccupant dans l'évaluation de 1994, il a toujours fait partie des trois principaux secteurs émetteurs de cadmium et est responsable de 12 % des émissions totales en 2020. Ce secteur a réduit ses émissions de 54 % depuis 1994, lesquelles sont passées de 1,10 t à 0,51 t. Toutes les industries du secteur manufacturier, ce qui comprend celles des produits chimiques et de la fabrication de métaux, de plastiques, de pâtes et papiers, de produits du bois et de véhicules, ont diminué leurs émissions depuis 1994.

L'industrie pétrolière et gazière n'avait pas non plus été jugée préoccupante en 1994 selon les données disponibles à l'époque. Ses émissions de cadmium ont augmenté de façon constante au fil du temps, passant de 0,16 t en 1994 à 0,23 t en 2020. Elles ont culminé à 0,55 t en 2010. Cette hausse est due à l'industrie pétrolière et gazière en amont, en particulier l'exploitation et l'extraction des sables bitumineux. Les rejets de l'industrie pétrolière et gazière en aval ont décru durant la même période. Néanmoins, les émissions de cadmium de ce secteur forment 6 % des émissions totales de cette substance en 2020. Le cadmium n'est pas ajouté au pétrole ou au gaz durant la production, mais il se trouve naturellement dans le pétrole et le gaz extraits.

En utilisant les données de l'INRP, il est possible d'analyser les tendances du nombre d'installations ayant déclaré des rejets de cadmium. Depuis la modification du seuil de déclaration en 2002, le nombre d'installations ayant déclaré des rejets atmosphériques de cadmium a augmenté de 52 %. L'augmentation s'observe dans tous les secteurs, mais ceux des minerais et minéraux et de la

fabrication en sont largement responsables. Dans le cas du secteur des minerais et minéraux, l'augmentation est due à un plus grand nombre d'installations minières et d'exploitations de carrières déclarantes. De plus, en 2006, l'exemption de déclaration pour les activités d'extraction et de concassage primaire a été éliminée, et des exigences de déclaration ont été ajoutées pour les résidus et les stériles, ce qui pourrait avoir contribué à l'augmentation du nombre d'installations minières déclarantes.

Il est également possible d'examiner l'intensité des émissions de cadmium par secteur à l'aide des données de l'INRP, en comparant la quantité de rejets déclarés avec le nombre d'installations dans chaque secteur. Au fil du temps, on observe une tendance claire qui montre que dans l'ensemble des secteurs, les émissions de cadmium diminuent en moyenne par installation.

En conclusion, la plupart des émissions de cadmium au Canada proviennent de secteurs préoccupants, et les rejets de ces secteurs ont diminué considérablement par rapport aux niveaux de 1994. Un plus grand nombre d'installations déclarent des rejets de cadmium dans l'air en raison de modifications des exigences de déclaration et de l'ouverture de nouvelles installations, mais dans la plupart des secteurs, cette augmentation n'a pas donné lieu à une hausse des émissions déclarées, car la quantité moyenne d'émissions de cadmium par installation a baissé au fil du temps. Étant donné la baisse importante des émissions des fonderies et affineries de métaux non ferreux, le profil des rejets de cadmium change lentement. La fabrication et le chauffage résidentiel, commercial et institutionnel, notamment, jouent un rôle bien plus important dans le profil des émissions de 2020 que dans celui de 1994.

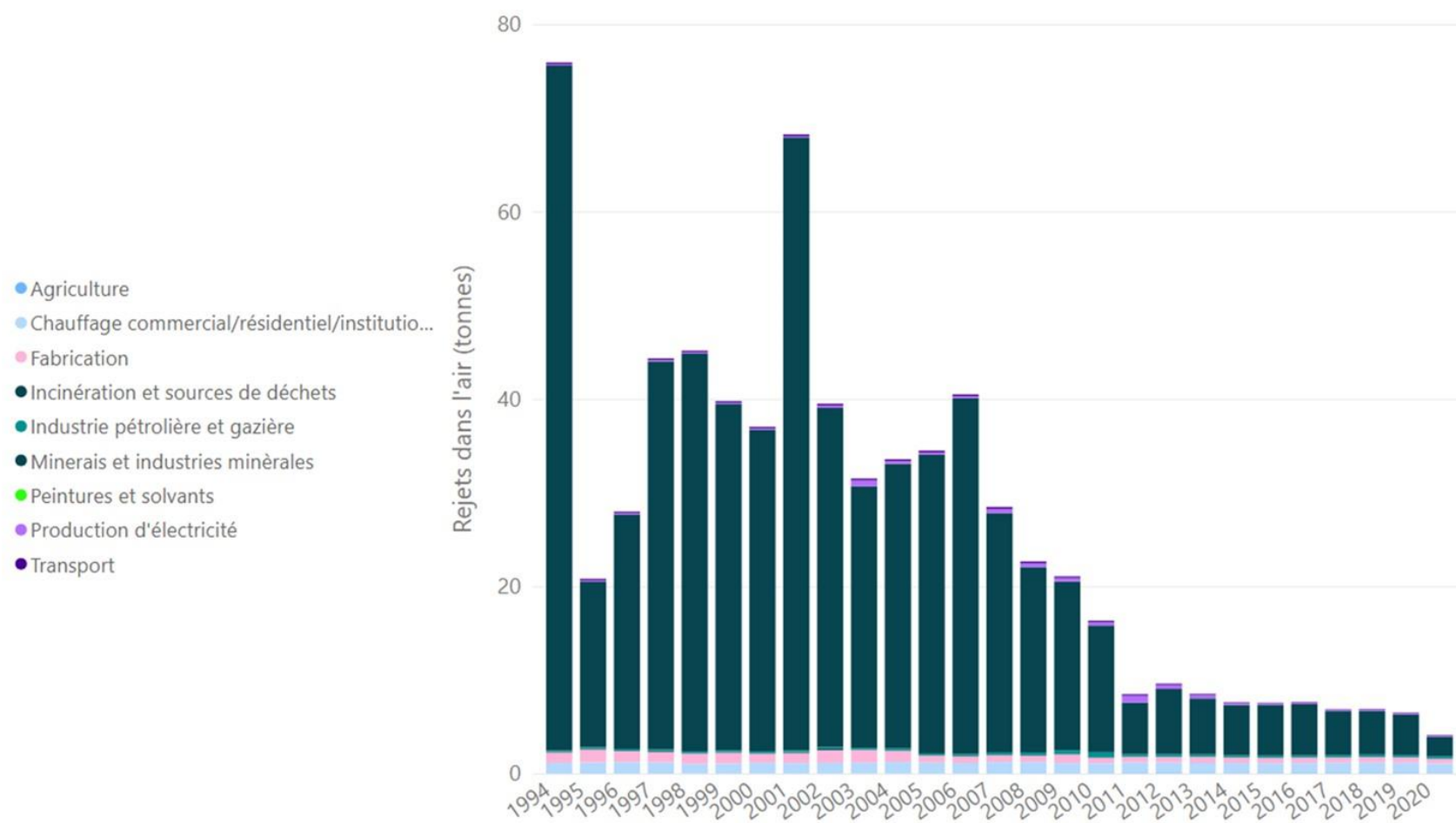


Figure 3. Rejets de cadmium dans l'air entre 1994 et 2020 selon l'IEPA.

2.1.2 Rejets dans l'eau

Les rejets de cadmium dans l'eau ont totalisé 2,34 t en 2020, selon l'INRP. Plus de la moitié (1,21 t) a été déclarée par des installations de traitement des eaux usées (Figure 4). Environ 0,70 t de cadmium a été rejetée par le secteur des pâtes et papiers, et 0,38 t supplémentaire est issue du secteur des minerais et minéraux, en particulier de la production et de la transformation de métaux non ferreux. L'exploitation de la houille est à l'origine de 0,03 t de rejets. Les rejets restants (0,02 t) proviennent d'autres secteurs, à raison de très petites quantités.

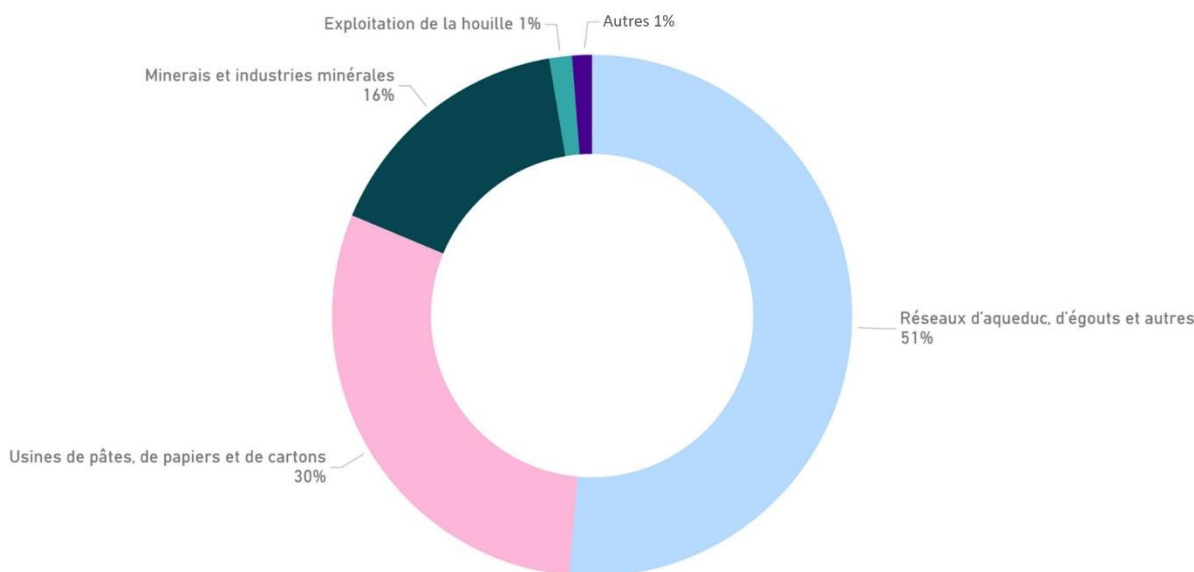


Figure 4. Profil des rejets de cadmium dans l'eau en 2020 selon l'INRP.

Il faut noter que les rejets dans l'eau déclarés par les installations à l'INRP ne comprennent pas la quantité de cadmium possiblement envoyée aux réseaux d'égouts municipaux, qui est déclarée comme un transfert à des fins de traitement (section 2.1.4). Les installations de traitement des eaux usées reçoivent des apports industriels et résidentiels provenant de sources en amont, et doivent déclarer les rejets estimés de cadmium contenu dans les eaux usées traitées qui les quittent, mais ne contribuent pas elles-mêmes aux rejets de cadmium.

Les rejets totaux de cadmium ont fortement baissé après 1994 (Figure 5). Lorsque de nouveaux seuils de déclaration de substances sont entrés en vigueur en 2002, la quantité totale des rejets de cadmium déclarés a augmenté dans la plupart des secteurs, probablement en raison de l'augmentation du nombre d'installations tenues de produire une déclaration. En 2002 également, l'exigence du seuil de 20 000 heures de travail des employés a été supprimée pour les installations de traitement des eaux usées dont le rejet quotidien moyen est de 10 000 m³. Ce changement correspond à une augmentation de la quantité de cadmium déclarée par les installations de traitement des eaux usées et du nombre de ces installations ayant soumis une déclaration. On n'observe aucune tendance significative des rejets de ces installations avec le temps après le pic initial qui a suivi l'instauration des nouvelles exigences de déclaration en 2002. Ce pourrait être dû en partie à l'invariabilité des apports aux réseaux d'égouts municipaux ou aux méthodes d'estimation des rejets utilisées dans les installations, qui emploient des calculs comprenant la

multiplication d'un facteur de rejet basé sur la concentration par le volume total des effluents (Environnement et Changement climatique Canada, 2019a). Les méthodes dont se servent les installations pour estimer et déclarer les rejets peuvent reposer sur des données analysées ou sur un choix parmi une plage de nombres présentée dans les documents de directives sur les rejets conçus à partir de mesures réelles et d'études scientifiques. En 2020, 26 installations de traitement des eaux usées ont déclaré des rejets de cadmium dans l'eau. Pour faire leurs déclarations, 23 ont utilisé des valeurs déterminées grâce à des essais sur les effluents, 1 a utilisé un coefficient d'émission publié et 2 ont utilisé des valeurs établies grâce à des estimations techniques reposant sur des valeurs mesurées dans des boues d'épuration. Huit installations ont signalé des concentrations de cadmium inférieures aux seuils de détection dans tous les échantillons, sept ont détecté du cadmium dans moins de la moitié des échantillons, une en a détecté dans plus de la moitié des échantillons et les sept autres ont indiqué en avoir détecté dans tous les échantillons. Les seuils de détection varient grandement, de 5 à 0,001 µg/L, selon le laboratoire et la méthode employée pour analyser les échantillons. En raison des grands volumes d'eau traités par les usines de traitement des eaux usées, les rejets déclarés de cadmium dans l'eau peuvent être surestimés si la déclaration repose sur des estimations de concentrations inférieures aux seuils de détection.

La diminution des rejets totaux de cadmium depuis 1994 découle principalement de réductions dans la production et la transformation de métaux non ferreux (Figure 5). En 2020, les rejets de cadmium dans l'eau provenant de la fusion et de l'affinage de métaux non ferreux avaient diminué de 96 % par rapport à 1994 et de 41 % par rapport à 2002. En 2020, deux installations de fusion et d'affinage étaient responsables de 63 % (0,24 t) des rejets totaux du secteur.

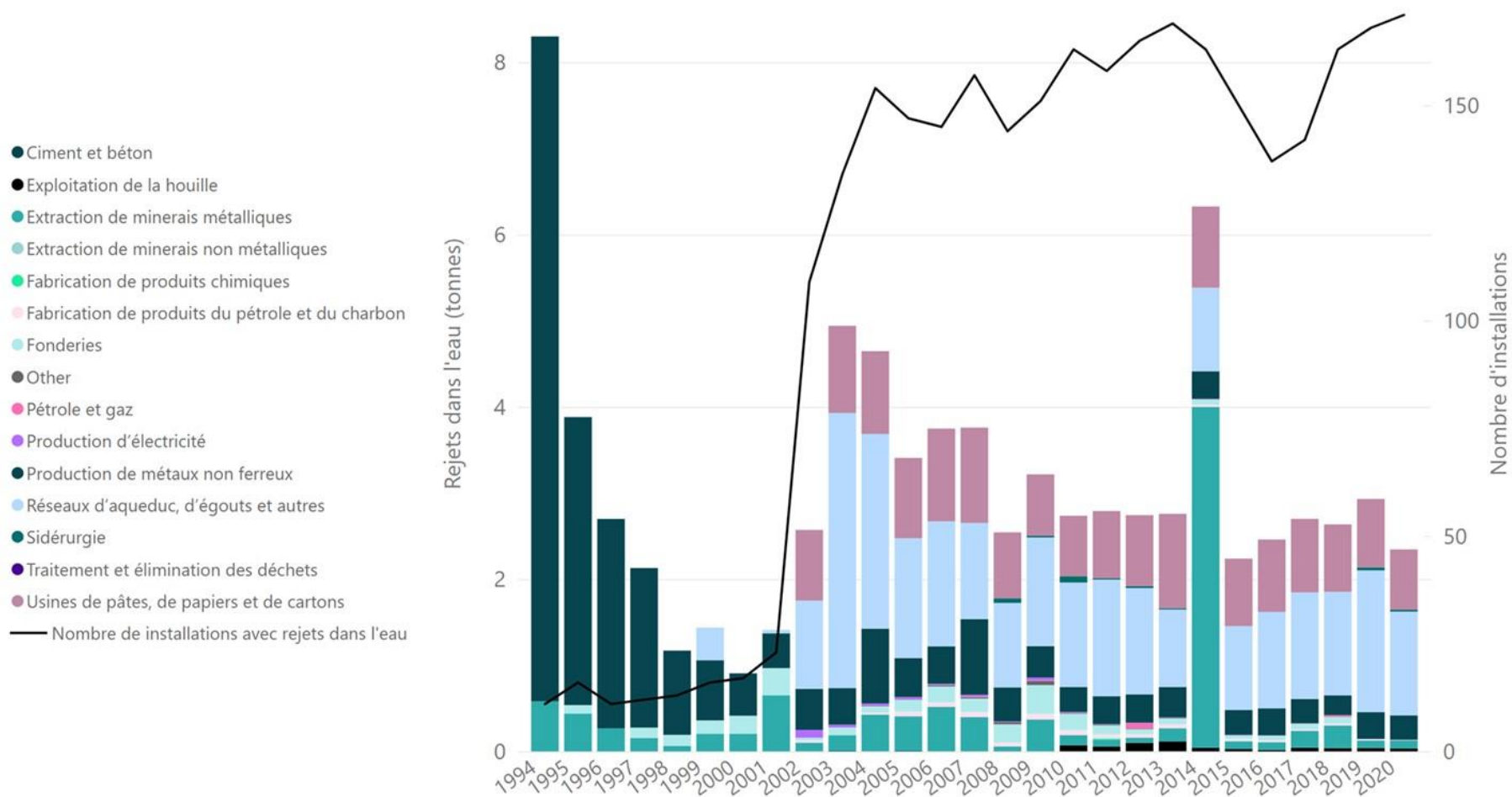


Figure 5. Tendances des rejets de cadmium dans l'eau selon l'INRP. Il faut noter que l'important pic observé en 2014 (environ 3,77 t) est dû à la rupture du bassin de résidus à la mine de Mount Polley.

Dans le secteur de la fabrication, les rejets de cadmium dans l'eau proviennent surtout de l'industrie des pâtes et papiers. Le cadmium se trouve naturellement dans les produits ligneux utilisés pour fabriquer les pâtes et papiers; il n'est pas ajouté au cours des procédés de production. Aucun rejet n'a été déclaré par ce secteur avant 2002, année de l'instauration de nouvelles exigences de déclaration à l'INRP. Après 2002, les rejets du secteur ont augmenté jusqu'en 2007 et généralement diminué depuis, bien qu'il y ait des fluctuations d'une année à l'autre.

Les rejets de tous les autres secteurs et industries sont typiquement beaucoup moins importants que ceux des trois industries mentionnées ci-dessus. Malgré leurs faibles quantités, les rejets de cadmium dans l'eau provenant de la production d'électricité présentent un déclin constant; ils sont passés de 0,09 t en 2002 à 0,001 t en 2020, ce qui représente une diminution de 98 %. Les rejets issus du secteur du pétrole et du gaz sont généralement très faibles (moins de 0,005 t).

Lorsqu'on compare la quantité de rejets et le nombre d'installations, on constate une tendance générale à la baisse. Bien que le nombre d'installations déclarant des rejets de cadmium dans l'eau augmente, la quantité de rejet déclarée par installation diminue. Cette tendance est en grande partie due à la réduction du nombre de rejets provenant du secteur des minerais et minéraux. Les rejets par installation sont stables dans l'industrie de la fabrication, du pétrole et du gaz et de la production d'électricité. Ils semblent augmenter dans le cas des installations de traitement des eaux usées, probablement à cause de l'augmentation des volumes d'eau traités et des apports en amont des réseaux d'égouts municipaux.

Dans l'ensemble, les rejets de cadmium dans l'eau provenant des installations industrielles étaient plus faibles en 2020 qu'en 1994, et sont demeurés relativement stables au cours des 10 dernières années. Les diminutions de ces rejets sont principalement dues à des diminutions dans le secteur de la production et de la transformation de métaux non ferreux, qui était un secteur préoccupant dans l'évaluation de 1994. Les rejets de cadmium dans l'eau découlant de la production d'électricité, un autre secteur préoccupant, ont aussi diminué avec le temps, quoiqu'ils aient toujours été relativement petits. La grande majorité des déclarations de rejets de cadmium dans l'eau proviennent systématiquement des installations de traitement des eaux usées, de fabrication de pâtes et papiers, de production et transformation de métaux non ferreux, et d'exploitation de mines et carrières. Les rejets de cadmium dans l'eau issus du traitement des eaux usées sont restés relativement inchangés depuis 2002. Ce secteur n'a pas été précédemment caractérisé comme préoccupant pour ses rejets de cadmium.

2.1.3 Rejets au sol

Les installations sont tenues de déclarer à l'INRP les déversements, les fuites et les autres rejets au sol qui ne sont pas des éliminations. Les éliminations sont des activités de gestion des substances menées par les installations pour limiter les rejets dans l'environnement. Les résidus miniers et les stériles contenant du cadmium ne comptent pas parmi les rejets au sol et sont plutôt comptabilisés comme des éliminations ou des transferts.

En 2020, 0,20 t de cadmium a été rejetée au sol. Onze installations du secteur des pâtes et papiers, du traitement des eaux usées et de l'extraction de minerais métalliques sont responsables de tous les rejets (Figure 6). Aucun rejet n'a été enregistré pour les autres secteurs industriels.

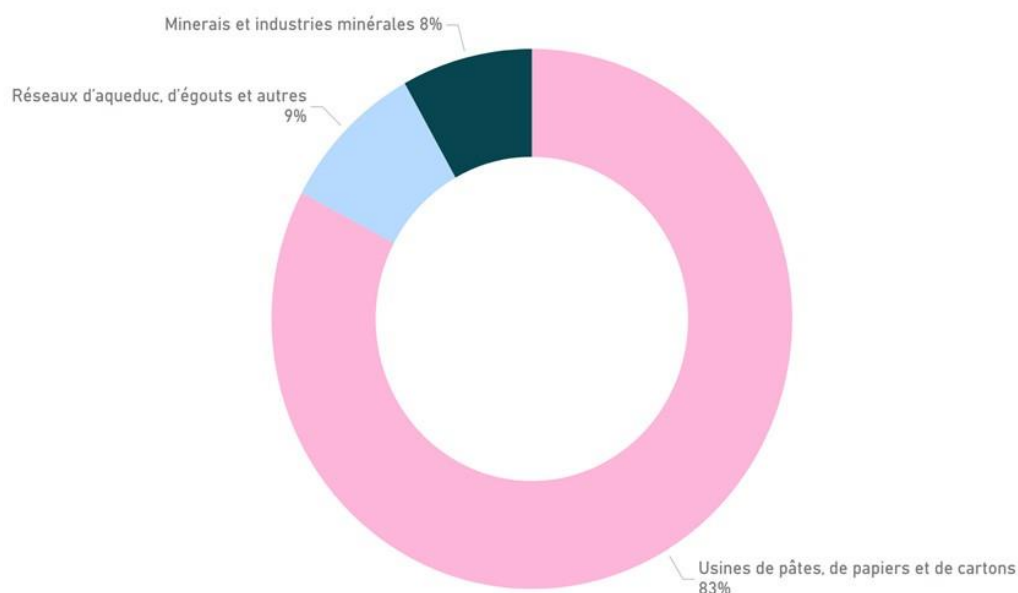


Figure 6. Profil des rejets de cadmium au sol en 2020 selon l'INRP.

Aucun rejet de cadmium au sol n'a été enregistré dans l'INRP entre 1994 et 2002, probablement en raison des exigences et des seuils de déclaration en vigueur à cette époque. Des rejets ont été déclarés depuis les changements apportés au seuil de déclaration en 2002. La quantité de cadmium rejeté au sol par les installations industrielles a grandement varié d'une année à l'autre, mais est généralement plus élevée qu'en 2002 (Figure 7). Il est normal que les déclarations présentent une grande variation d'une année à l'autre, parce que les rejets au sol découlent généralement de déversements et de fuites, qui sont naturellement très variables. Le secteur de la fabrication, plus précisément les industries des pâtes et papiers et des produits du bois, est responsable de la majorité des rejets de cadmium au sol pour presque toutes les années. Les rejets du secteur des minerais et minéraux découlent de l'exploitation des mines et des carrières.

Le nombre d'installations déclarant des rejets de cadmium au sol a augmenté fortement entre 2002 et 2007, mais a ensuite diminué avec le temps. On compte beaucoup moins d'installations déclarant des rejets au sol que d'installations déclarant des rejets dans l'air et dans l'eau. Au point culminant de 2007, 18 installations seulement avaient déclaré des rejets au sol. En raison de ce faible nombre d'installations déclarantes, l'intensité des rejets de cadmium au sol suit la même tendance que celle des rejets au sol pour chaque secteur.

Les rejets de cadmium au sol proviennent principalement du secteur de la fabrication, surtout des industries des pâtes et papiers et des produits du bois, qui n'étaient pas caractérisées comme préoccupantes dans l'évaluation de 1994. Il se produit des rejets de cadmium au sol lors de la production de métaux et du traitement de déchets, mais ceux-ci sont généralement faibles (< 0,005 t).

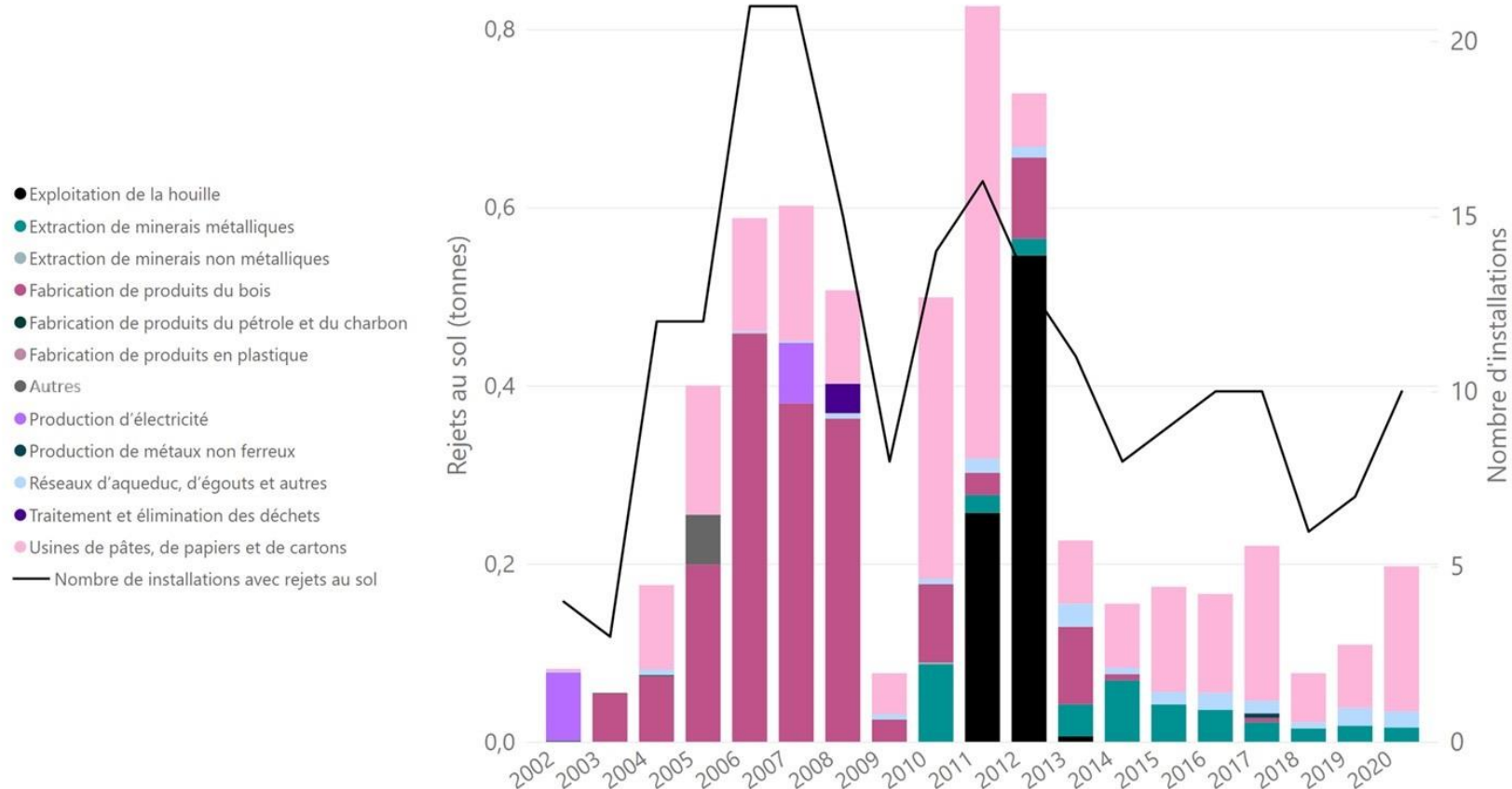


Figure 7. Tendances des rejets de cadmium au sol en tonnes selon l'INRP*.

* Il faut noter que les grandes quantités de cadmium rejeté au sol déclarées en 2011 et 2012 par les secteurs des pâtes et papiers et de l'exploitation de la houille semblent être des erreurs de déclaration : trois installations d'exploitation de la houille ont déclaré des quantités identiques en tant que rejets au sol et éliminations de résidus et de stériles; et une installation de pâtes et papiers a déclaré « d'autres rejets au sol » durant ces années, mais des éliminations par enfouissement lors de toutes les autres années. Ces données sont présentées ici telles qu'elles figurent dans l'ensemble de données de l'INRP, mais elles pourraient ne pas témoigner d'augmentations réelles des rejets de cadmium au sol.

2.1.4 Élimination, traitement des déchets et recyclage

L'INRP recueille également des renseignements sur la façon dont les installations traitent et éliminent les déchets de cadmium. Les activités d'élimination peuvent être effectuées sur place ou hors site, par exemple à des installations spécialisées de traitement des déchets dangereux. Les exemples d'activités d'élimination comprennent l'enfouissement, l'épandage et l'injection souterraine. Les substances peuvent être transférées entre les installations à des fins de recyclage, de récupération d'énergie ou de traitement avant l'élimination finale, ce qui comprend les transferts vers des réseaux d'égouts municipaux. Pour éviter la double comptabilisation, les éliminations sur place et hors site et les transferts sont relevés séparément³. L'examen des données sur les activités d'élimination, de traitement des déchets et de recyclage peut fournir des renseignements permettant de mieux comprendre quelles industries produisent le plus de déchets de cadmium et comment ces déchets sont gérés.

La quantité de cadmium éliminée sur place a augmenté au fil du temps, passant de moins de 100 t au milieu des années 1990 à plus de 1 000 t à la fin des années 2010 (Figure 8). En 2020, 1 676 t de cadmium ont été éliminées sur place. Cette année-là, les installations de traitement des déchets dangereux ont accompli 77 %, en poids, des activités d'élimination sur place. Une autre part de 21 % de ces activités (qui comprennent les éliminations sur place de résidus et de stériles) est associée à l'extraction de minerais métalliques et à la fusion et l'affinage des métaux non ferreux. L'enfouissement des résidus et la gestion des stériles représentent la quasi-totalité des activités d'élimination sur place. Le nombre d'installations effectuant ces activités n'a cessé d'augmenter au fil du temps. La plus forte croissance a été observée dans le secteur de l'extraction des minerais métalliques : le nombre d'installations est passé de 45 en 2006 à 72 en 2020. Comme indiqué plus haut, l'exemption de la déclaration à l'INRP pour les activités d'extraction et de concassage primaire des mines a été éliminée en 2006, et des exigences de déclaration pour les résidus et les stériles ont été ajoutées. Les installations de traitement des déchets dangereux sont responsables de la presque totalité des rejets, des éliminations et des transferts de cadmium enregistrés dans l'INRP. Les installations de traitement des déchets municipaux ne déclarent généralement pas de données sur le cadmium, mais présentent des déclarations à l'INRP sur d'autres substances. C'est peut-être parce que ces installations n'atteignent pas les seuils de déclaration de l'INRP pour la substance, ou parce qu'elles ne possèdent pas assez de données pour estimer les quantités de cadmium dans les déchets reçus.

La quantité de cadmium faisant l'objet d'activités d'élimination hors site est bien plus petite et a diminué au fil du temps, passant de 180 t à la fin des années 1990 à 30 t en 2020 (Figure 9). L'enfouissement est l'activité la plus fréquente (en général, au moins 95 % du total en poids) visant les déchets de cadmium. Toutefois, on remarque qu'en 2018 et 2019, le stockage a représenté 47 % et 26 % en poids du total des éliminations hors site des déchets de cadmium. La quantité de ces déchets éliminée hors site varie grandement au fil du temps pour un secteur donné, mais ces activités sont généralement réalisées par les secteurs des déchets, des minerais et minéraux et de la fabrication. Le nombre et les types d'installations déclarant des activités d'élimination hors site sont demeurés largement constants depuis 2003.

Le total en poids des transferts a augmenté régulièrement avec le temps, s'élevant à 1 067 t déclarées en 2020 (Figure 10). L'objectif des transferts a également beaucoup changé au fil du temps. Des années 1990 jusqu'au début des années 2010, la majorité des transferts de cadmium

³ Pour en savoir plus sur l'utilisation et l'interprétation des données de l'INRP et sur la méthode, consulter la [page Web de l'INRP](#).

visaient la récupération de métaux et de composés métalliques (recyclage). Plus récemment, la majeure partie du cadmium transféré entre des installations était expédiée à des fins de traitement avant l'élimination. Sauf pour l'année 2010, durant laquelle une installation a mis fin à une partie de ses activités, le secteur de la fusion et de l'affinage des métaux non ferreux est généralement responsable de plus de 95 % des transferts en poids, bien qu'il ne représente qu'environ 5 % des installations déclarantes. Le nombre et les types d'installations déclarant des transferts sont demeurés largement constants depuis 2003.

En résumé, une plus grande quantité de cadmium est éliminée sur place par un plus grand nombre d'installations. L'enfouissement est l'activité d'élimination sur place la plus courante, et la plupart des activités sont réalisées par des installations de traitement des déchets dangereux. La quantité de cadmium éliminée hors site a diminué, malgré un nombre relativement constant d'installations déclarant ce type d'élimination. La quantité de cadmium transférée a augmenté depuis 2003. Durant cette période, une plus grande quantité de déchets a été transférée à des fins de traitement avant l'élimination, tandis qu'une moins grande quantité de déchets l'a été à des fins de recyclage et de récupération des métaux. La plupart des déchets transférés proviennent d'un petit nombre d'installations du secteur de la fusion et de l'affinage des métaux non ferreux.

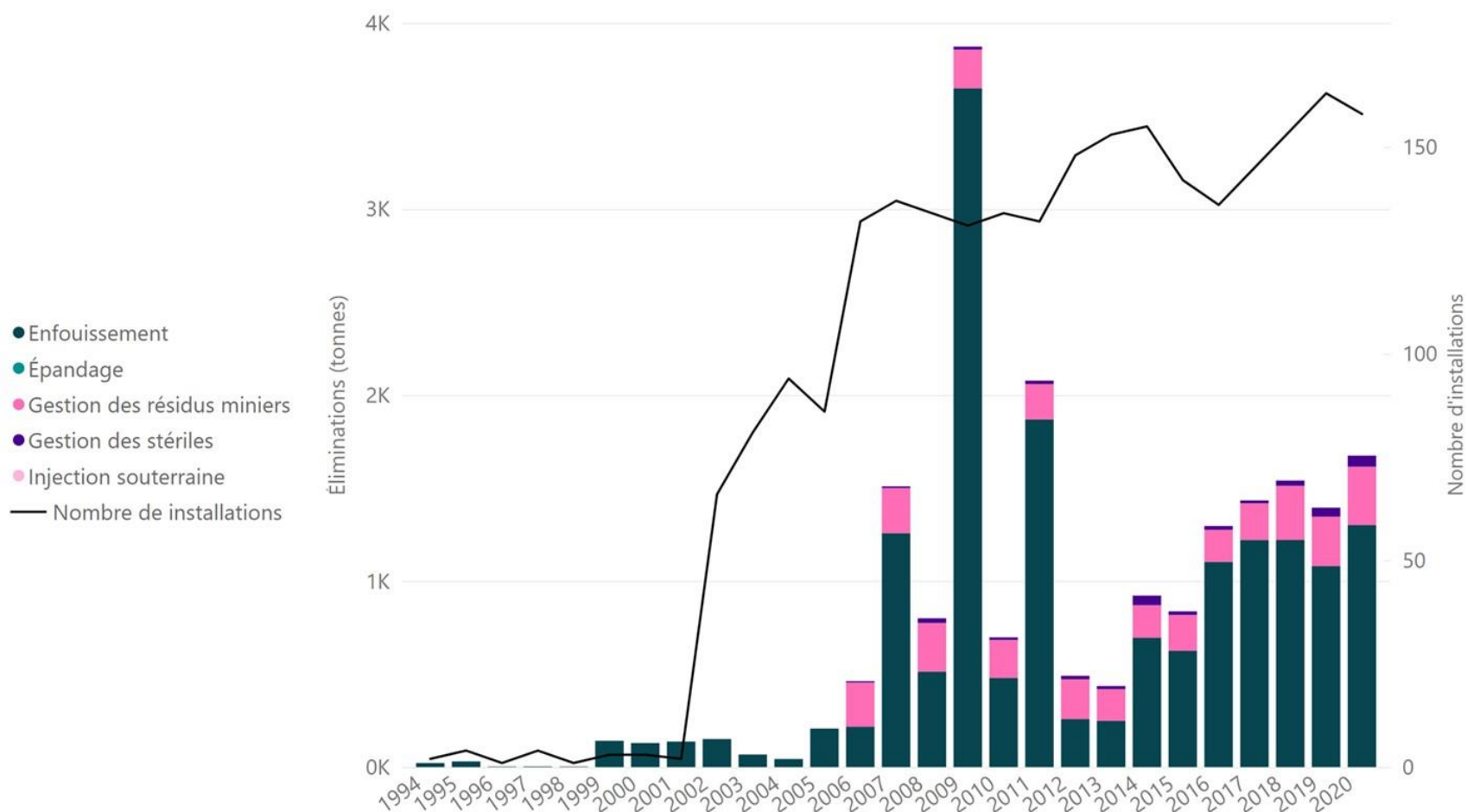


Figure 8. Éliminations sur place déclarées à l'INRP de 1994 à 2020, en tonnes, par type d'élimination*.

* N.B. : Les valeurs relatives à l'enfouissement en 2009 et 2011 pourraient comprendre une erreur de déclaration. Une installation du secteur de l'élimination des déchets a déclaré 3 119 t de cadmium en 2009 et 1 584 t en 2011, tandis qu'elle avait déclaré environ 100 t ou moins durant d'autres années. Les données sont présentées ici telles qu'elles figurent dans l'ensemble de données de l'INRP, telles qu'elles ont été saisies par les installations déclarantes.

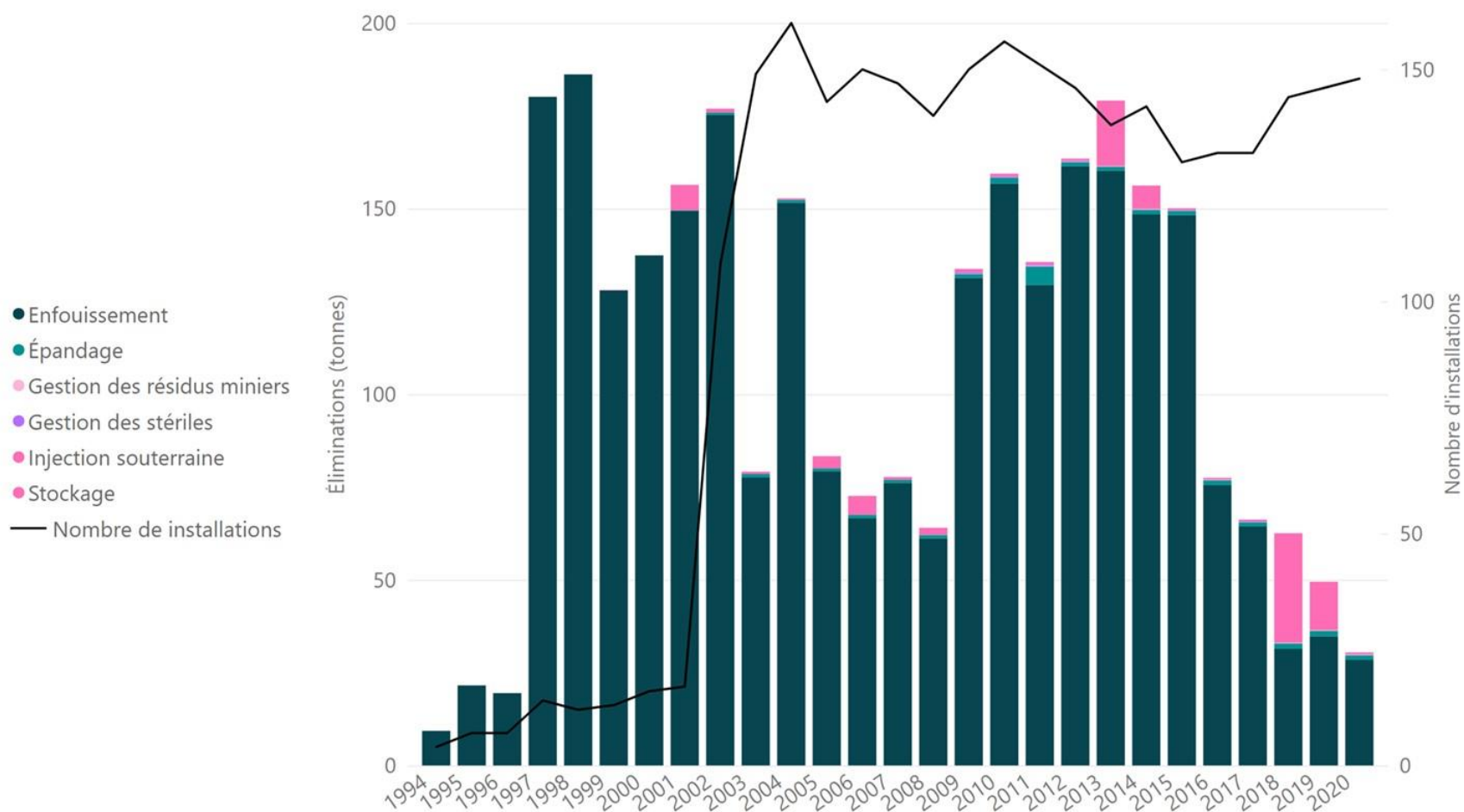


Figure 9. Éliminations hors sites déclarées à l'INRP de 1994 à 2020 par type d'élimination, et nombre d'installations réalisant des activités d'élimination*.

* N.B. : La base de données de l'INRP contient probablement une erreur de déclaration pour une installation qui a déclaré, en 1999, 12 000 tonnes de cadmium en éliminations hors site. Cette valeur a été éliminée du graphique pour la présente analyse, car autrement, il aurait été difficile de lire le graphique pour les autres années de déclaration.

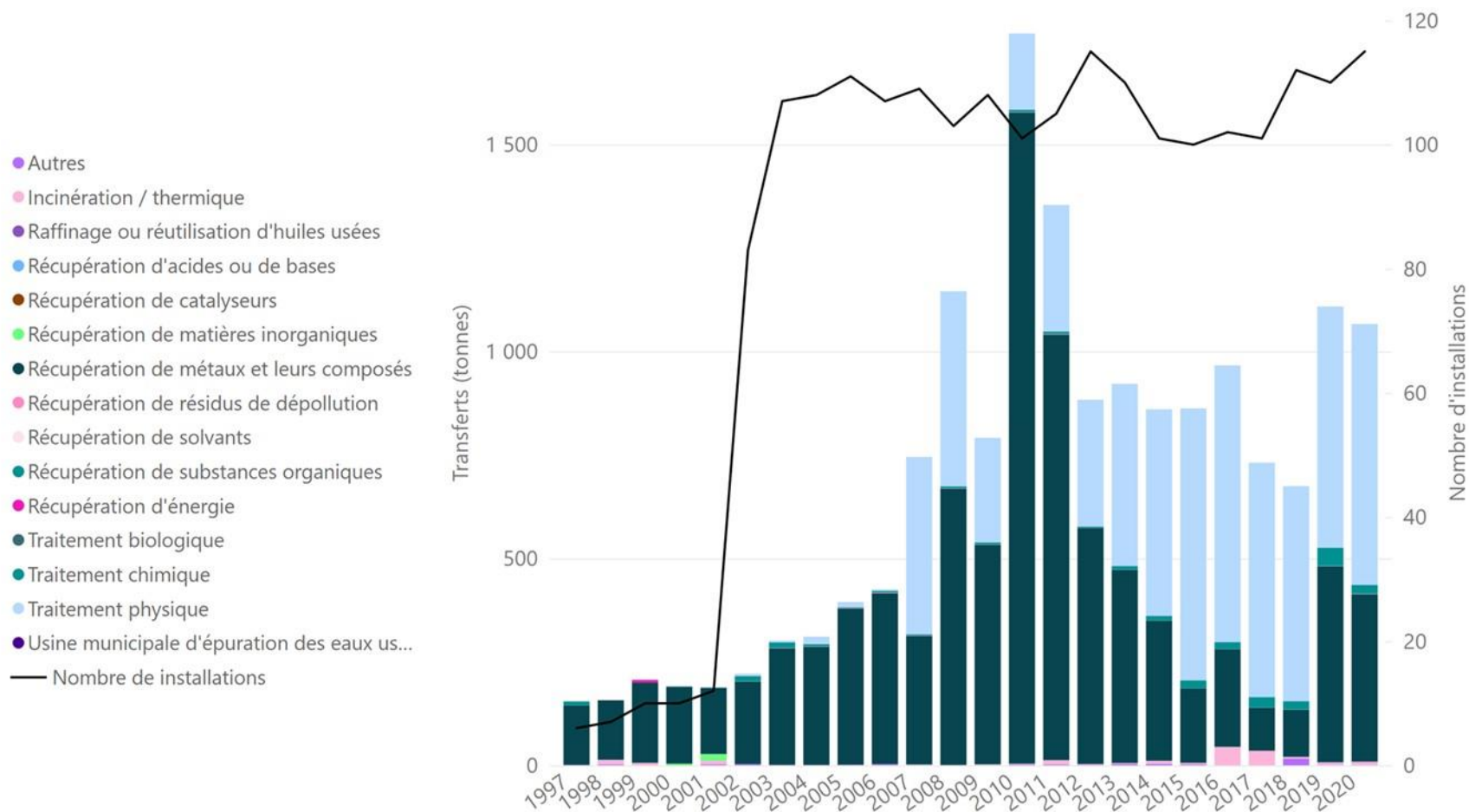


Figure 10. Transferts déclarés à l'INRP entre 1997 et 2020 par type de traitement.

Constats et recommandations

Selon les données de 2020 tirées de l'INRP et de l'IEPA, le cadmium est surtout rejeté dans l'air, et en quantité environ deux fois moindre dans l'eau. Les rejets de cadmium dans l'air proviennent surtout de la fusion et de l'affinage des métaux communs, tandis que les rejets dans l'eau proviennent surtout du traitement des eaux usées et des pâtes et papiers. Les rejets au sol sont très faibles et proviennent surtout du secteur des pâtes et papiers.

L'INRP et l'IEPA indiquent que les rejets de cadmium dans l'environnement ont beaucoup diminué depuis 1994, surtout en raison d'une réduction des rejets dans l'air provenant de la fusion et de l'affinage des métaux communs. Les rejets au sol varient grandement au fil du temps, mais sont généralement plus faibles entre 2013 et 2020 qu'entre 2005 et 2012, et sont largement dus aux secteurs de la fabrication de pâtes et papiers et de produits du bois. Les rejets dans l'eau ont aussi diminué au fil du temps grâce à une réduction des rejets provenant de la fusion et de l'affinage des métaux communs. Les contributions sectorielles aux rejets de cadmium dans l'eau ont changé avec les années; le traitement des eaux usées et la production de pâtes et papiers sont actuellement les principales sources de rejets.

Les rejets de cadmium dans l'eau à partir des installations de pâtes et papiers diminuent avec le temps, mais ceux des usines de traitement des eaux usées ne présentent pas de tendance temporelle importante. Cependant, comme indiqué à la section 2.4.1, les estimations des rejets de ces usines dépendent du volume d'eau traité. Selon les déclarations, seule une petite quantité de cadmium est transférée entre les installations industrielles et les usines de traitement des eaux usées. Comme ces dernières ne sont pas elles-mêmes des sources de cadmium, il semble qu'elles reçoivent du cadmium de sources non visées par la déclaration à l'INRP. Il pourrait s'agir de petites installations sans obligation de déclaration, de l'utilisation et de l'élimination de produits de consommation contenant du cadmium, ou d'autres sources inconnues (par exemple le dépôt atmosphérique ou le ruissellement des égouts unitaires). Bien que les concentrations de cadmium mesurées dans les effluents d'eaux usées soient petites et semblables à celles obtenues lors de la surveillance environnementale des eaux de surface (section 3.2.3), le volume total d'eaux usées traitées au Canada est plutôt grand. De ce fait, le cadmium qui se retrouve dans les réseaux d'égouts municipaux à partir de sources telles que les installations non assujetties aux exigences de déclaration à l'INRP ou les produits de consommation pourrait représenter une source de rejet importante dans le milieu aquatique. De plus, ce ne sont pas toutes les usines de traitement des eaux usées qui présentent des déclarations à l'INRP, alors le rejet total pourrait être considérable étant donné le nombre de ces usines au Canada et le volume d'effluents rejeté dans l'eau.

Au fil du temps, les installations industrielles ont indiqué à l'INRP qu'elles transfèrent une quantité accrue de déchets de cadmium à des installations spécialisées de traitement des déchets dangereux, qui enfouissent généralement les déchets comme méthode d'élimination finale, après leur traitement. Seules de petites quantités de cadmium pénètrent dans l'environnement à partir des installations de traitement des déchets dangereux, d'après les données sur les rejets déclarées à l'INRP.

Il est recommandé que les inventaires de rejets continuent de recueillir et de communiquer des données sur les rejets industriels. Pour les cas où les installations doivent estimer les rejets à partir de valeurs mesurées inférieures aux seuils de détection, les équipes des inventaires pourraient chercher des moyens d'améliorer les méthodes d'estimation pour accroître l'exactitude des déclarations, et d'améliorer la présentation des données pour fournir de l'information contextuelle sur les taux de détection.

2.2 Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies

Plusieurs espèces de baleines sont inscrites comme étant en voie de disparition en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (2002) du Canada, notamment l'épaulard résident du sud (*Orcinus orca*) et le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*). Les contaminants environnementaux sont mentionnés parmi les principales menaces à la viabilité et au rétablissement des populations de baleines en voie de disparition au Canada dans les programmes de rétablissements conçus pour ces baleines (Pêches et Océans Canada, 2012, 2018). Le programme de rétablissement des épaulards résidents du nord et du sud recommande de déterminer les principaux contaminants et leurs sources, d'en dresser l'ordre de priorité, de réduire l'introduction de polluants chimiques dans l'habitat des épaulards et de leurs proies, et d'atténuer les effets des polluants actuellement utilisés et hérités du passé (par exemple biphényles polychlorés, polybromodiphényléthers).

L'Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies (OIPABP) a été créé pour déterminer les contaminants touchant potentiellement les baleines en voie de disparition au Canada et leurs principales proies, ainsi que leurs sources, et en dresser l'ordre de priorité. Il visait d'abord les épaulards de la mer des Salish et leur proie, le saumon chinook du bassin du Fraser (*Oncorhynchus tshawytscha*), mais on l'élargit actuellement pour intégrer le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. L'outil emploie des données de surveillance environnementale de divers ordres de gouvernement ainsi que des rapports et des études scientifiques publiés pour produire des estimations, et se sert au besoin d'extrapolations et de corrélations pour combler les lacunes dans les données. Il comporte plusieurs couches de données, notamment : une base de données géospatiales des rejets estimés des polluants, une base de données sur les sites contaminés, une analyse de la charge de contaminants dans l'eau douce ambiante, et les dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement relatives à l'eau dans les zones visées.

Selon la portée de l'OIPABP, une source de contaminants est toute source déterminée de rejets de contaminants dans l'air, dans l'eau ou au sol dans des zones établies comme un habitat de baleines ou de leurs proies. Il pourrait y avoir des sources situées à l'extérieur de l'étendue spatiale de l'outil qui entraînent des dépôts dans la zone d'intérêt, comme celles produisant des émissions atmosphériques transportées sur de grandes distances. Ces sources ne sont pas comprises dans la base de données sur les rejets de la version actuelle de l'OIPABP, mais pourraient être prises en compte dans l'analyse de la charge de contaminants, qui se fonde sur les données de surveillance de l'eau douce ambiante et l'écoulement fluvial. Les estimations des rejets de l'OIPABP diffèrent de celles de l'INRP, parce que l'OIPABP comprend toutes les installations et activités rejetant des contaminants, y compris les installations qui ne satisfont pas aux exigences de déclaration à l'INRP et les rejets de contaminants inférieurs aux seuils de déclaration. De plus, l'OIPABP considère les activités d'élimination comme des rejets au sol. Enfin, il ne couvre qu'environ 13 % de la superficie terrestre du Canada, car il est axé sur l'habitat des baleines en voie de disparition et de leurs proies.

2.2.1 Rejets dans l'eau

Selon les données de l'OIPABP, les effluents de l'exploitation minière, des pâtes et papiers, des usines de traitement des eaux usées, du ruissellement de surface, des usines de transformation des produits de la mer, du lixiviat des sites d'enfouissement et des décharges⁴, du lixiviat des déchets de bois, et d'autres installations commerciales ont donné lieu en 2017 à un total d'environ 24 t de rejets de cadmium dans les plans d'eau situés dans les zones d'intérêt pour les épaulards et les

⁴ En raison d'un manque de données, les sites d'enfouissement fermés ne sont actuellement pas compris, mais il est présumé que ceux-ci font l'objet d'une lixiviation.

bélugas du Saint-Laurent. Il s'agit d'une sous-estimation, parce qu'elle ne comprend pas les rejets issus du lixiviat des sites d'enfouissement ou des déchets de bois dans la région de l'estuaire du Saint-Laurent, pour lesquels on ne disposait pas de données au moment de la rédaction du présent rapport. Le nombre total de ces sites s'élève à environ 2 600, la majorité d'entre eux étant des usines de traitement des eaux usées et des installations de gestion des déchets solides⁵ (Tableau 1).

2.2.2 Rejets au sol

L'OIPABP estime que 1 250 t de cadmium ont été rejetées au sol en 2017. Il importe de noter que cet outil compte tous les rejets au sol, y compris ceux qui seraient caractérisés comme des activités d'élimination dans l'INRP. Les sites de gestion des stériles et d'enfouissement de déchets dangereux ainsi que les bassins de résidus, par exemple, sont des activités d'élimination qui sont comptées parmi les rejets au sol dans l'OIPABP, mais pas dans l'INRP. Il faut être conscient que beaucoup de ces contaminants sont jugés contenus et ne représentent pas une contamination des plans d'eau ou des écosystèmes. Ceci considéré, en excluant les éliminations sur place, l'OIPABP estime que les rejets de cadmium au sol étaient d'environ 11 t en 2017.

2.2.3 Ruissellement des eaux de surface

Le ruissellement est l'excédent de précipitation, comme la pluie ou la neige, qui ne s'évapore pas et ne percole pas dans le sol. Cette eau s'écoule plutôt sur le sol jusque dans les ruisseaux, les lacs, les rivières et la mer. Une grande quantité de pluie est absorbée dans le sol selon le type de surface. Tandis que le territoire s'urbanise, les aires naturelles sont remplacées par des matériaux qui n'absorbent pas l'eau, comme des routes, des toits et des parcs de stationnement, ce qui augmente la quantité de ruissellement. Lorsque cette eau s'écoule sur le sol, elle peut emporter des contaminants du sol et des pelouses, des terres agricoles et des champs, des routes et même des forêts où des pesticides ont été utilisés. L'écoulement du ruissellement et la contamination dépendent de plusieurs facteurs, notamment la pluie, la pente du terrain, la capacité du sol d'absorber l'eau, la végétation, l'utilisation des terres et les activités qui s'y déroulent.

Dans l'OIPABP, l'utilisation des terres est actuellement divisée en trois types généraux :

- Zones urbaines telles que rues, parcs de stationnement, toits résidentiels, bâtiments commerciaux et autres zones caractérisées par des surfaces moins perméables que celles d'autres types d'utilisation des terres;
- Zones agricoles, y compris les fermes de production agricole, les fermes d'élevage et les champs;
- Autres zones non urbaines comme les forêts, les milieux humides, les prairies sauvages, les pâturages, les déserts et les plages.

Dans l'OIPABP, le ruissellement des eaux de surface a été caractérisé à l'aide d'une combinaison de données hydrologiques et de modélisation ainsi que de données sur la concentration de contaminants trouvées dans des études scientifiques pour divers types d'utilisation des terres. L'écoulement du ruissellement et les utilisations des terres ont été estimés pour la majeure partie de la zone d'intérêt pour les épaulards, mais seulement pour des segments choisis du bassin du Saint-Laurent situés les plus près de l'habitat essentiel du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Pour ces zones seulement, il est estimé que le cadmium dans le ruissellement des eaux de surface

⁵ Pour éviter la double comptabilisation des contaminants, l'OIPABP tient compte de l'acheminement du lixiviat aux usines de traitement des eaux usées par les sites d'enfouissement ou de gestion des déchets solides, lorsque des données sont disponibles.

s'élève à environ 5 t, et représente donc environ 22 % des rejets totaux dans l'eau selon l'estimation actuelle.

Tableau 1. Estimation des rejets de cadmium (tonnes) dans les zones visées par l'OIPABP, selon les données de 2017.

Secteur	Épaulard/saumon chinook – Eau	Épaulard/saumon chinook – Sol	Bassin du Saint-Laurent - Eau	Bassin du Saint-Laurent - Sol	Totaux - Eau	Totaux - Sol
Exploitation minière	1,55	10,54 ⁶	2,47	14,81	4,02	25,35
Pâtes et papiers ⁷	2,26	0,61	10,06 ⁸	0,53	12,32	1,14
Sites d'enfouissement ⁹	0,60	aucune donnée disponible	0,03	1 207,64 ¹⁰	0,63	1 207,64
Traitement des produits de la mer	0,04	aucune donnée disponible	0,14	aucune donnée disponible	0,18	aucune donnée disponible
Déversements	0,01	0,01	0,00	aucune donnée disponible	0,01	0,01
Lixiviat des déchets de bois	0,04	0,04	s/o	0,01	0,04	0,05
Traitement des eaux usées	0,07	0,02	0,90	0,01	0,97	0,03
Autres installations commerciales	0,02	aucune donnée disponible	0,13	9,01	0,15	9,01
Ruissellement des eaux de surface	1,40	aucune donnée disponible	2,94	aucune donnée disponible	4,34	aucune donnée disponible
Total	5,99	11,21	16,67	1 232,01	22,66	1 243,22

2.2.4 Analyse de la charge de contaminants

L'analyse de la charge de contaminants estime les charges de contaminants dans l'eau douce ambiante à l'aide de données de surveillance de la qualité de l'eau et de l'écoulement fluvial. Elle a servi à estimer la quantité de contaminants aux stations de surveillance de l'eau douce dans les zones d'intérêt. Environnement et Changement climatique Canada possède des stations de

⁶ Comprend les éliminations sur place dans les stériles et les bassins de résidus miniers, et n'indique pas nécessairement un rejet dans l'environnement.

⁷ Les rejets des usines de pâtes et papiers en Colombie-Britannique ont été estimés en se servant du système de surveillance environnementale de la province, l'écoulement ayant été déclaré conformément à la réglementation fédérale. Aucune donnée n'était disponible sur la surveillance environnementale des effluents de pâtes et papiers dans le bassin du Saint-Laurent. Pour estimer les rejets de cadmium dans ce bassin provenant du secteur, on a utilisé les concentrations d'effluents tirées des données de la Colombie-Britannique.

⁸ Suppose que les concentrations de cadmium dans les effluents sont semblables à celles des usines en Colombie-Britannique.

⁹ Lixiviat et éliminations; ne comprend pas le lixiviat des sites d'enfouissement fermés.

¹⁰ Comprend les 1 200 t de cadmium éliminées dans des sites d'enfouissement de déchets dangereux, des bassins de résidus miniers et des stériles.

surveillance dans tout le pays, à des endroits représentant les zones urbaines, rurales et éloignées, où la pollution atmosphérique des sources locales et à grande distance est enregistrée (section 3). Bien que les sédiments et le dépôt atmosphérique de polluants de ces sources ne soient pas compris dans la base de données actuelle, leurs effets peuvent être pris en compte dans l'analyse de la charge de contaminants.

Cette analyse emploie les séries chronologiques des concentrations ambiantes de polluants de l'eau douce dans les eaux de surface entre 2003 et aujourd'hui pour estimer les concentrations de polluants, lorsque suffisamment de données sont disponibles. À l'heure actuelle, une analyse visant le bassin du Fraser entre 2003 et 2018 est disponible, et une autre est en préparation pour des zones choisies du bassin du Saint-Laurent. La comparaison de l'analyse de la charge de contaminants aux données sur les rejets peut indiquer s'il y a des sources manquantes et permettre d'évaluer jusqu'où les polluants se rendent. Les données sur les concentrations découlant de l'analyse sont également comparées aux recommandations pour la qualité de l'environnement et aux valeurs de référence, et l'OIPABP cartographie les zones où il y a des dépassements. Cette fonction peut révéler les endroits où les mesures de lutte existantes ne suffisent peut-être pas à protéger l'habitat contre la pollution.

Les analyses des données sur la qualité de l'eau entrant dans l'analyse de la charge de contaminants ont montré qu'il y avait eu des dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement relatives au cadmium dans le cours inférieur du Fraser en 2004-2006. Une analyse de données plus récentes sur la qualité de l'eau est en cours.

Constats et recommandations

Les données découlant des estimations de 2017 de l'OIPABP indiquent, tout comme l'INRP, que les pâtes et papiers sont le principal contributeur aux rejets de cadmium dans l'eau, bien que les différences dans la comptabilisation des éliminations rendent difficile de comparer les rejets au sol de l'OIPABP à ceux des autres inventaires. En outre, l'OIPABP estime les rejets à partir d'un grand nombre d'installations et de sources qui ne déclarent pas de rejets de cadmium à l'INRP, ce qui entraîne un nombre beaucoup plus grand de rejets estimés au sol et dans l'eau, malgré la taille bien inférieure de la zone visée au Canada. Il en découle que les petites sources de rejets qui ne satisfont pas aux exigences et aux seuils de déclaration de l'INRP pourraient être des contributeurs importants aux rejets cumulatifs totaux de cadmium dans l'environnement.

L'utilisation de l'OIPABP pour comparer les estimations des rejets avec les concentrations de cadmium mesurées dans l'eau au moyen de l'analyse de la charge de contaminants montre que certaines sources de métaux (et d'autres polluants) pourraient être omises dans les estimations de l'OIPABP. Par exemple, le ruissellement des eaux de surface pourrait représenter une source importante du cadmium se retrouvant dans l'eau.

Il est recommandé qu'Environnement et Changement climatique Canada envisage de déterminer les sources de rejets de cadmium dans l'environnement et les eaux usées municipales qui ne sont pas prises en compte dans l'INRP à l'échelle nationale, car les données de la surveillance des eaux usées (section 2.3) et de l'OIPABP laissent à penser que ces sources pourraient être des contributeurs importants aux concentrations de cadmium dans l'environnement.

2.3 Rejets provenant du lixiviat de sites d'enfouissement municipaux et des eaux usées municipales

2.3.1 Lixiviat de sites d'enfouissement de déchets solides municipaux

Les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux reçoivent des déchets de sources industrielles et résidentielles. Le cadmium peut se retrouver dans les déchets à cause de l'élimination de produits qui le contiennent ou de procédés industriels. En raison du mélange des déchets et de l'exposition aux conditions ambiantes, les liquides de ruissellement des sites d'enfouissement (le lixiviat) peuvent comprendre plusieurs substances toxiques, dont des composés inorganiques de cadmium. La lixiviation du cadmium des déchets des sites d'enfouissement peut prendre plusieurs années. Il est estimé que dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux du Canada, environ 5,5 % du lixiviat est rejeté directement dans l'environnement, 7,1 % est traité sur place, puis rejeté dans l'environnement, et 87,4 % est traité dans une usine de traitement des eaux usées (Conestoga Rovers, 2015). Les données sur la composition chimique du lixiviat recueillies au fil du temps peuvent fournir une estimation de la quantité de cadmium qui pénètre dans l'environnement à cause des activités d'élimination des déchets.

Un échantillonnage du lixiviat a été réalisé dans des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux du Canada entre 2008 et 2013, dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques. Les sites sélectionnés pouvaient recevoir 40 000 t de déchets solides municipaux par année, contenaient déjà au moins 1 000 000 t de déchets et possédaient des dispositifs de collecte de lixiviat en service. Treize sites d'enfouissement ont volontairement participé à l'étude, soit quatre dans l'ouest du pays et neuf en son centre. Au cours de la période 2008-2013, le cadmium a été détecté dans 43 % des échantillons de lixiviat. La concentration moyenne de cadmium total dans le lixiviat prétraité était de 0,38 µg/L, mais les concentrations médianes étaient sous les seuils de détection. Ces résultats indiquent que la plupart des échantillons avaient une concentration inférieure aux seuils de détection, mais que quelques-uns avaient des concentrations très supérieures à ces seuils. La valeur maximale détectée était 2,25 µg/L. Il a été estimé qu'après le traitement sur place, le taux moyen de retrait était de 6,7 %.

Selon ces données et l'utilisation de la fourchette des 10 % des données sur le lixiviat les plus élevées (90^e centile) pour calculer le pire scénario, il a été estimé qu'au maximum, 23,6 kg (0,0236 t) de cadmium sont rejetés chaque année dans l'environnement par le lixiviat des sites d'enfouissement au Canada, y compris le lixiviat traité par les usines de traitement des eaux usées municipales (Conestoga Rovers, 2015). La réalisation du même calcul, mais à l'aide des concentrations moyennes de cadmium dans le lixiviat de sites d'enfouissement plutôt que de la fourchette des 10 % des valeurs les plus élevées, a réduit l'estimation de la charge environnementale à 3,7 kg (0,0037 t) de cadmium par année (Conestoga Rovers, 2015). Les données ne présentaient aucune tendance claire indiquant un changement des concentrations de cadmium dans le lixiviat au fil du temps, ce qui laisse à croire que la concentration de cadmium dans les déchets reçus par les sites d'enfouissement des déchets solides municipaux est restée à peu près inchangée pendant la période 2009-2013.

Les valeurs moyenne et maximale obtenues durant l'échantillonnage du lixiviat réalisé dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques ressemblent aux valeurs signalées en Europe, où la teneur en cadmium des déchets solides municipaux varie entre 0,2 et 12 mg/kg, et la concentration moyenne dans le lixiviat, entre 0,5 et 3,4 µg/L (European Chemicals Bureau, 2007).

2.3.2 Eaux usées municipales

Les usines de traitement des eaux usées municipales servent environ 86 % de la population du Canada. Les eaux usées municipales désignent les eaux usées provenant des foyers, des entreprises, des industries et des établissements qui s'écoulent dans les égouts. Elles comprennent les eaux usées domestiques et sont parfois combinées aux eaux de ruissellement provenant de la pluie ou de la fonte des neiges, qui s'écoulent des toits, des pelouses, des parcs de stationnement et des routes. Les eaux usées municipales peuvent contenir des déchets humains et d'autres déchets organiques, des nutriments, des agents pathogènes, des microorganismes, des solides en suspension et des produits chimiques ménagers et industriels. Leur traitement avant leur rejet dans les lacs et les rivières réduit les risques pour la santé humaine et l'environnement.

Les installations peuvent effectuer trois types de traitement des eaux usées :

- Traitement primaire : Élimination d'une partie des solides en suspension et des matières organiques par des procédés physiques ou chimiques.
- Traitement secondaire : Élimination de solides en suspension et de matières organiques par des procédés de traitement biologique.
- Traitement tertiaire ou complémentaire : Élimination de substances préoccupantes précises (solides, nutriments ou contaminants) après un traitement secondaire à l'aide de plusieurs procédés physiques, chimiques ou biologiques.

Environ 96 % des eaux usées municipales au Canada sont traitées avant d'être rejetées, tandis qu'environ 4 % sont rejetées sans traitement (Environnement et Changement climatique Canada, 2020). L'examen des concentrations de cadmium dans les eaux usées peut donner des indices sur l'utilisation et l'élimination de produits contenant du cadmium et sur la quantité de cadmium pénétrant dans l'environnement en raison des activités d'utilisation et d'élimination. Les substances contenues dans les produits peuvent être jetées dans les égouts dans les foyers et les installations industrielles reliés à des usines de traitement des eaux usées. De plus, la plus grande partie du lixiviat des sites d'enfouissement est traitée par de telles usines avant d'être rejetée dans l'environnement.

Les eaux usées sont échantillonnées chaque année selon le Plan de gestion des produits chimiques. Le programme d'échantillonnage est conçu pour rechercher plusieurs substances toxiques dans des usines représentatives de traitement des eaux usées. Cette méthode contribue à équilibrer les nombreux besoins différents en matière de surveillance des substances toxiques et fournit des données représentatives du type de traitement et des régions géographiques. Elle rend toutefois impossible d'établir des tendances temporelles par site.

Entre 2009 et 2019, 317 échantillons d'influent (eaux usées avant traitement) et d'effluent (eaux usées après traitement) provenant de 36 usines de traitement des eaux usées ont été analysés. Le cadmium a été détecté dans 48 % des échantillons d'influent et dans 41 % des échantillons d'effluent. Les concentrations de cadmium mesurées dans les influents sont liées aux apports en amont et ne semblent pas corrélées au volume d'eau passant par chaque usine ni aux pourcentages estimés des apports résidentiels et commerciaux dans le réseau d'égouts.

Le traitement des eaux usées retire le cadmium des influents en extrayant les solides, ce qui réduit les concentrations globales de cadmium dans les effluents. L'efficacité des méthodes de traitement varie, les lagunes facultatives et aérées étant nettement plus efficaces pour retirer le cadmium des eaux usées – leur taux moyen s'élève à 85 ou 86 % –, par rapport aux procédés de traitement primaire, secondaire et complémentaire, qui retirent le cadmium à des taux allant de 71 à 73 %. La

concentration maximale de cadmium dans les influents était de 16,9 µg/L, et elle a diminué en deçà du seuil de détection dans les effluents. La concentration médiane dans les influents était égale ou inférieure à 0,17 µg/L dans 90 % des usines de traitement des eaux usées. La concentration maximale dans les effluents était de 1,65 µg/L, et 90 % des usines de traitement des eaux usées présentaient des concentrations médianes dans les effluents égales ou inférieures à 0,05 µg/L.

Le cadmium est un élément et ne peut être détruit ou décomposé davantage. Le cadmium retiré des eaux usées par les procédés de traitement se retrouve dans les boues. Les boues sont les matières organiques solides retirées ou produites pendant les procédés de traitement des eaux usées. Les installations peuvent traiter les boues afin de produire des biosolides destinés à l'épandage ou à l'utilisation comme engrais ou compost, ou les traiter comme des déchets et les envoyer à des sites d'enfouissement ou des incinérateurs. Puisque la majeure partie du cadmium pénétrant dans les installations de traitement des eaux usées est retirée des eaux pendant le traitement et retrouvée dans les biosolides, l'examen des concentrations de cadmium dans les biosolides municipaux permettra également de repérer les changements dans l'utilisation domestique et industrielle des produits contenant du cadmium. L'analyse des biosolides municipaux offrira de l'information sur la quantité de cadmium ajoutée au sol par leur utilisation.

Entre 2009 et 2019, 197 échantillons de biosolides municipaux ont été prélevés dans 27 usines de traitement des eaux usées. Le cadmium a été détecté dans 98 % des échantillons et se trouvait sous le seuil de détection dans quatre cas. La concentration médiane de cadmium dans les échantillons de biosolides était inférieure à 2,50 µg/g dans 90 % des usines de traitement des eaux usées, et inférieure à 1,48 µg/g dans 75 % d'entre elles. Les résultats des deux usines ayant des concentrations supérieures au 90^e centile (2,50 µg/g) étaient beaucoup plus élevés. L'une des usines avait une médiane de 34,7 µg/g (maximum de 94,0 µg/g et minimum de 7,50 µg/g) et l'autre, une médiane de 17,0 µg/g (maximum de 17,4 µg/g et minimum de 5,30 µg/g). Toutes deux ont été échantillonnées au cours de la période 2009-2011, et de nouveau au cours de la période 2018-2019, où les concentrations avaient diminué. Il ne semble pas y avoir de corrélation entre le volume d'eaux usées traité dans chaque usine et les concentrations de cadmium dans les biosolides ni avec les pourcentages estimés des apports résidentiels et commerciaux dans le réseau d'égouts. Les deux installations présentant les concentrations les plus élevées de cadmium dans les biosolides se situaient dans les 50^e et 75^e centiles, respectivement, pour les influents et les effluents. Les biosolides de la première installation sont destinés à l'épandage, et ceux de la deuxième, à l'incinération.

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement, le Bureau de normalisation du Québec et l'Agence canadienne d'inspection des aliments ont des normes relatives aux concentrations de métaux traces dans les engrais et les suppléments pour le sol. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement et le Bureau de normalisation du Québec emploient une approche fondée sur le seuil pour recommander des concentrations maximales de métaux traces dans les composts selon l'utilisation finale (Bureau de normalisation du Québec, 2016; Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2005). Pour le compost pouvant être utilisé sans restriction dans des applications comme l'agriculture, les jardins résidentiels, les pépinières et les exploitations horticoles, la norme est fixée à 3 mg/kg (ou 3 µg/g). La teneur maximale en cadmium du compost dont l'utilisation doit être restreinte est de 20 mg/kg (20 µg/g). Le compost ayant une concentration de cadmium supérieure à 20 mg/kg ne devrait être utilisé que dans des circonstances particulières et conformément aux règles provinciales et territoriales, ou éliminé de façon adéquate. Les provinces et les territoires peuvent avoir leurs propres normes relatives au compost.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments se sert d'un ensemble de limites de métaux dans les engrais et les produits de supplément du sol qui reposent sur un calcul tenant compte de la charge du sol sur une période de 45 ans selon la dose inscrite sur l'étiquette (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2021). Cette approche cumulative de l'épandage vise à prendre en compte la persistance des métaux dans l'environnement, laquelle détermine au bout du compte le degré de contamination et les effets à long terme. Les normes s'appliquent à la teneur totale en métaux et sont prudentes, pour tenir compte des effets cumulatifs des métaux sur la santé des plantes, des animaux et des humains. Elles intègrent également les concentrations de métaux dans le sol et les facteurs d'absorption par les plantes, comme l'acidité et le pouvoir d'échange cationique du sol.

Les biosolides destinés à l'épandage respectaient les limites de teneur pour une utilisation sans restriction, sauf à une installation de l'est du Canada où les concentrations de cadmium étaient beaucoup plus élevées que la teneur maximale fixée pour une utilisation restreinte dans les normes relatives au compost établies par le Conseil canadien des ministres de l'environnement et le Bureau de normalisation du Québec (Tableau 2). Des échantillons ont été prélevés dans cette installation durant les saisons chaudes et froides de la période 2009-2011, et à nouveau pendant l'été en 2018 et 2019. Les concentrations de cadmium dans les échantillons de biosolides de 2018-2019 étaient supérieures à la teneur fixée pour une utilisation non restreinte, mais inférieures à celle fixée pour une utilisation restreinte. Il est impossible de comparer les concentrations dans les biosolides municipaux destinés à l'épandage avec les normes relatives aux métaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments, car ces normes sont fondées sur les doses inscrites sur les étiquettes des produits.

Tableau 2. Destinations et concentrations de cadmium des biosolides municipaux provenant d'usines de traitement des eaux usées (mg/kg).

Destination des biosolides	Nombre d'usines de traitement des eaux usées	Nombre d'échantillons	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum
Compost	4	28	1,09	0,76	0,49	2,22
Fertilisation des forêts	1	6	2,15	2,09	1,91	2,45
Épandage	16	106	7,87	0,97	0,00	94,00
Remise en état des mines	1	9	2,07	2,08	1,80	2,36
Site d'enfouissement	1	12	0,92	0,91	0,37	1,37
Incinération	4	36	5,92	5,35	0,34	17,40

En résumé, le cadmium est présent dans les influents, les effluents et les biosolides des usines de traitement des eaux usées en raison des apports provenant d'activités résidentielles et industrielles. Bien qu'elles ne soient pas conçues pour cela, les usines de traitement des eaux usées sont efficaces pour retirer le cadmium des influents. Le cadmium extrait de l'eau se retrouve dans les biosolides, qui sont souvent destinés à l'épandage. Les concentrations de cadmium dans les biosolides municipaux devant être épandus se situent généralement sous les seuils fixés pour

l'utilisation par le Conseil canadien des ministres de l'environnement et le Bureau de normalisation du Québec.

Constats et recommandations

Bien que cela ne soit pas déclaré à l'INRP, il est probable que le cadmium des produits et des déchets industriels parvienne aux sites d'enfouissement de déchets solides municipaux, étant donné qu'on le trouve dans les échantillons de lixiviat. Les données sur le lixiviat de ces sites indiquent que ceux-ci sont peu susceptibles de constituer une source importante de rejets de cadmium dans l'environnement, ce qui correspond aux résultats d'autres études (Five Winds International, 2001; Young & Lund, 2006). Cette situation pourrait cependant changer si de grandes quantités de cadmium sont éliminées, puisque la lixiviation du cadmium des déchets peut prendre plusieurs années. Il n'y avait pas assez de données disponibles provenant de la surveillance des sites d'enfouissement des déchets solides municipaux ou des installations de traitement des eaux usées pour déterminer des tendances temporelles ou faire des comparaisons entre les sites. Il était en outre impossible de dresser un portrait clair des rejets de cadmium dus à l'utilisation et à l'élimination de produits à partir de ces données.

Il est recommandé de poursuivre la surveillance des influents et effluents d'eaux usées et des biosolides municipaux. La collecte de données devrait contribuer, autant que possible, à la production de séries chronologiques permettant de mieux observer les changements des concentrations de cadmium. Il y aurait lieu de surveiller périodiquement le lixiviat des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux, car les données indiquent un accroissement des déchets de cadmium éliminés avec le temps.

2.4 Suivi des effets sur l'environnement

Au Canada, certaines industries sous réglementation fédérale doivent surveiller les effluents (eaux usées) rejetés par leurs installations afin de déterminer les effets potentiels de ces effluents sur les poissons, leur habitat et leur utilisation par les humains. Le suivi des effets sur l'environnement est un outil de mesure du rendement servant à évaluer si les règlements sur les effluents sont adéquats pour protéger les poissons, leur habitat et l'utilisabilité des ressources halieutiques. Les études de suivi des effets sur l'environnement comprennent le suivi de la qualité de l'eau, la caractérisation chimique des effluents, des essais de toxicité sublétales des effluents et le suivi biologique dans l'environnement.

En ce qui concerne la présente évaluation, deux secteurs industriels qui déclarent des rejets de cadmium à l'INRP sont également tenus de surveiller les effets sur l'environnement. Il s'agit du secteur des mines de métaux et de diamants, réglementé par le *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants*, et du secteur des pâtes et papiers, réglementé par le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* (voir la section 4.1 pour des renseignements détaillés sur les règlements). Les lois et les exigences relatives aux permis des provinces et des territoires peuvent également imposer une surveillance environnementale, mais elles dépassent la portée de la présente évaluation.

Les données recueillies grâce aux programmes de suivi des effets sur l'environnement fourniront des renseignements sur les concentrations de cadmium rejeté dans les effluents par les secteurs industriels. Même si l'INRP donne une idée des rejets totaux dans l'environnement, il est utile d'examiner les données de suivi des effets sur l'environnement, car elles permettent de comprendre la quantité typique de cadmium qui pénètre dans l'environnement à partir des effluents d'une

installation à un moment donné. En les utilisant, on peut voir s'il y a des tendances dans les concentrations de cadmium des mines et des installations de pâtes et papiers.

2.4.1 Rejets des mines de métaux et de diamants

Le *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants* (REMMMD) exige que les mines procèdent à un suivi de la qualité de l'eau et à la caractérisation des effluents quatre fois par année. L'objectif de ces travaux est d'appuyer l'interprétation des études de suivi biologique qui évaluent et examinent les effets liés aux mines sur la santé des poissons, leur habitat, leurs sources de nourriture et leur utilisabilité à des fins de consommation humaine. La caractérisation des effluents se fait par l'analyse d'un échantillon de ceux-ci et vise à fournir des renseignements sur les concentrations de contaminants.

Le suivi de la qualité de l'eau passe par l'analyse d'échantillons d'eau prélevés dans la zone exposée entourant l'endroit où les effluents pénètrent dans l'eau à partir de chaque point de rejet final et dans des zones de référence associées. On analyse également des échantillons d'eau prélevés dans les environnements récepteurs où est effectué le suivi biologique.

Il est aussi exigé de procéder aux mêmes moments à des essais de toxicité sublétales. Ces essais permettent de surveiller la qualité des effluents par la mesure des paramètres de survie, de croissance ou de reproduction chez des organismes d'eau douce ou d'eau de mer dans un environnement de laboratoire contrôlé.

Certains types de mines sont tenues de soumettre les résultats de leur suivi des effets sur l'environnement et de leur caractérisation des effluents à Environnement et Changement climatique Canada depuis décembre 2002 (section 4.1.1.4), moment où des exigences de surveillance de l'environnement ont été ajoutées au règlement. Entre 2004 et 2021, on a trouvé du cadmium dans les zones de référence, les effluents et les zones exposées de presque tous les sites miniers. Les taux de détection du cadmium dans les échantillons prélevés se situaient entre 93 et 99 % pour les zones de référence (présence dans 96 à 100 % des mines), et entre 94 et 99 % pour les zones exposées (présence dans 96 à 100 % des mines). Dans les effluents, le cadmium a été détecté dans 6 à 34 % des échantillons recueillis entre 2004 et 2018 (présence dans 17 à 53 % des mines), mais après l'application des nouvelles exigences analytiques découlant des modifications du REMMMD en 2018, il a été détecté dans 88 à 92 % des échantillons des effluents prélevés entre 2019 et 2021 (présence dans 95 à 99 % des mines).

Dans les cas où le cadmium a été détecté, les concentrations étaient les plus faibles dans les échantillons prélevés dans les zones de référence, et les plus élevées dans les échantillons des effluents, bien qu'elles présentaient une forte variabilité d'une année à l'autre et d'une mine à l'autre. Les concentrations présentes dans la zone de référence étaient parfois supérieures à celles présentes dans la zone exposée, ce qui suggère qu'il pourrait y avoir des sources naturelles de cadmium ou que la zone de référence pourrait subir l'influence d'autres sources anthropiques. Dans l'ensemble, les concentrations médianes obtenues pour les effluents, les zones exposées et les zones de référence ont généralement diminué au fil du temps (Figure 11). Les concentrations médianes trouvées dans les zones exposées aux installations minières sont supérieures à celles indiquées pour les eaux de surface dont il est question à la section 3.2.3.2, sauf dans la zone de drainage de l'océan Arctique et les bassins versants de la baie d'Hudson, qui présentent naturellement des concentrations élevées de cadmium. Cela dit, dans quelques zones de drainage des vastes bassins versants de l'océan Arctique et de la baie d'Hudson, les concentrations de cadmium dans les zones exposées et de référence étaient plus élevées que celles enregistrées dans le cadre des programmes de surveillance et de suivi de la qualité de l'eau douce.

Parmi les cas où le cadmium a été détecté dans des zones exposées ou de référence, quelques concentrations dépassaient les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Le pourcentage d'échantillons en question a diminué avec le temps (Figure 12). Une tendance similaire est observée pour le pourcentage de sites miniers associés à au moins un échantillon présentant une concentration supérieure aux recommandations canadiennes pour la qualité des eaux par année. En 2004, parmi les mines ayant déclaré des concentrations de cadmium dépassant le seuil de détection dans les zones de référence, 92 % avaient indiqué des concentrations supérieures à la recommandation canadienne pour la qualité des eaux à long terme, et 72 %, des concentrations supérieures à la concentration de référence pour la qualité des eaux à court terme. En ce qui concerne les zones exposées, pour la même année, 69 % des mines avaient indiqué des valeurs qui dépassaient la recommandation pour la qualité des eaux à long terme, et 42 %, des valeurs qui dépassaient la concentration de référence à court terme. En 2021, 29 % des mines ayant déclaré des concentrations de cadmium supérieures au seuil de détection dans les zones de référence avaient eu au moins un échantillon dépassant la recommandation pour la qualité des eaux à long terme, et 12 %, dépassant la concentration de référence à court terme. Dans le cas des zones exposées, cette même année, 38 % des mines ont indiqué des concentrations supérieures à la recommandation pour la qualité des eaux à long terme, et 14 %, des concentrations supérieures à la concentration de référence à court terme. Il pourrait être justifié de pousser l'examen des sites présentant des dépassements des recommandations pour la qualité des eaux, en particulier ceux où la concentration de référence à court terme est dépassée.

Lorsqu'on examine les concentrations de cadmium dans les effluents, seules les comparaisons avec la concentration de référence pour la qualité des eaux à court terme sont appropriées, car elles indiquent si les effluents sont susceptibles de présenter une toxicité aiguë. Le nombre d'échantillons prélevés, le nombre d'échantillons dans lesquels le cadmium a été détecté et le nombre d'échantillons dont la concentration dépasse la concentration de référence pour la qualité

des eaux à court terme ont augmenté avec le temps (

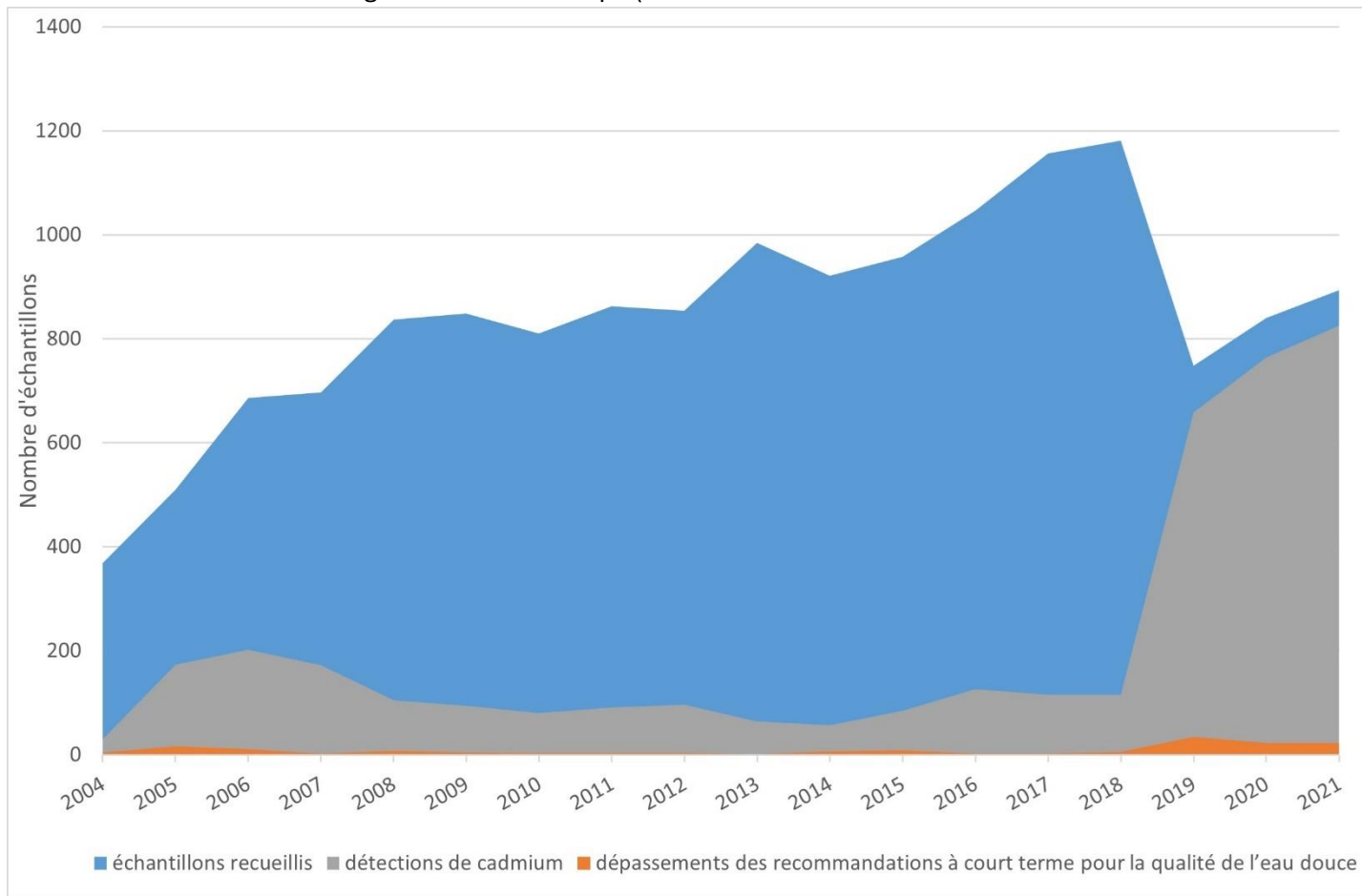


Figure 13). Cependant, le pourcentage d'échantillons dont la concentration dépasse la recommandation pour la qualité des eaux à court terme a diminué au fil du temps et est demeuré plutôt stable, en général à moins de 5 %.

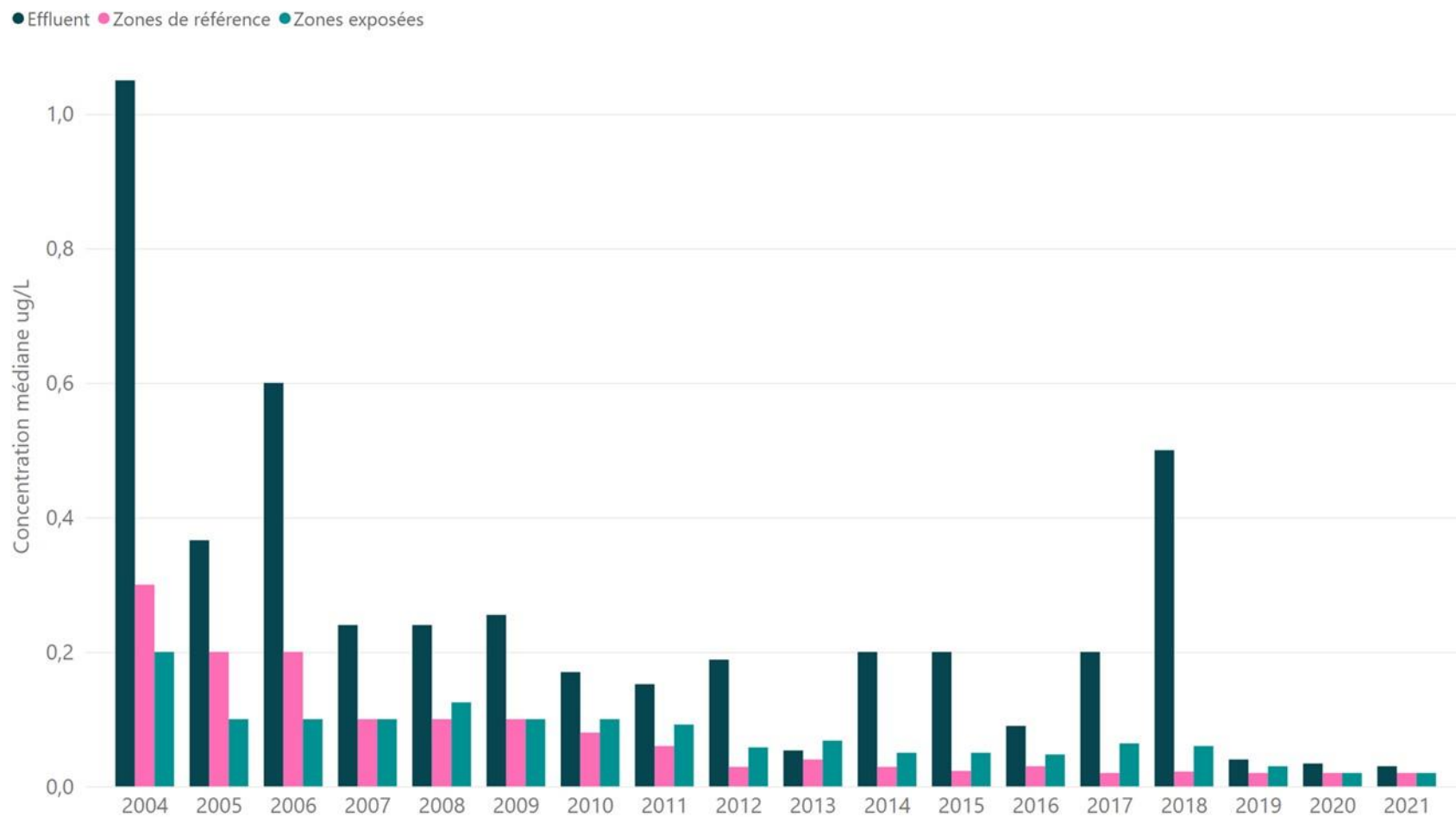


Figure 11. Concentrations médianes de cadmium dans les effluents, les zones exposées et les zones de référence telles qu'elles sont déclarées conformément aux exigences réglementaires.

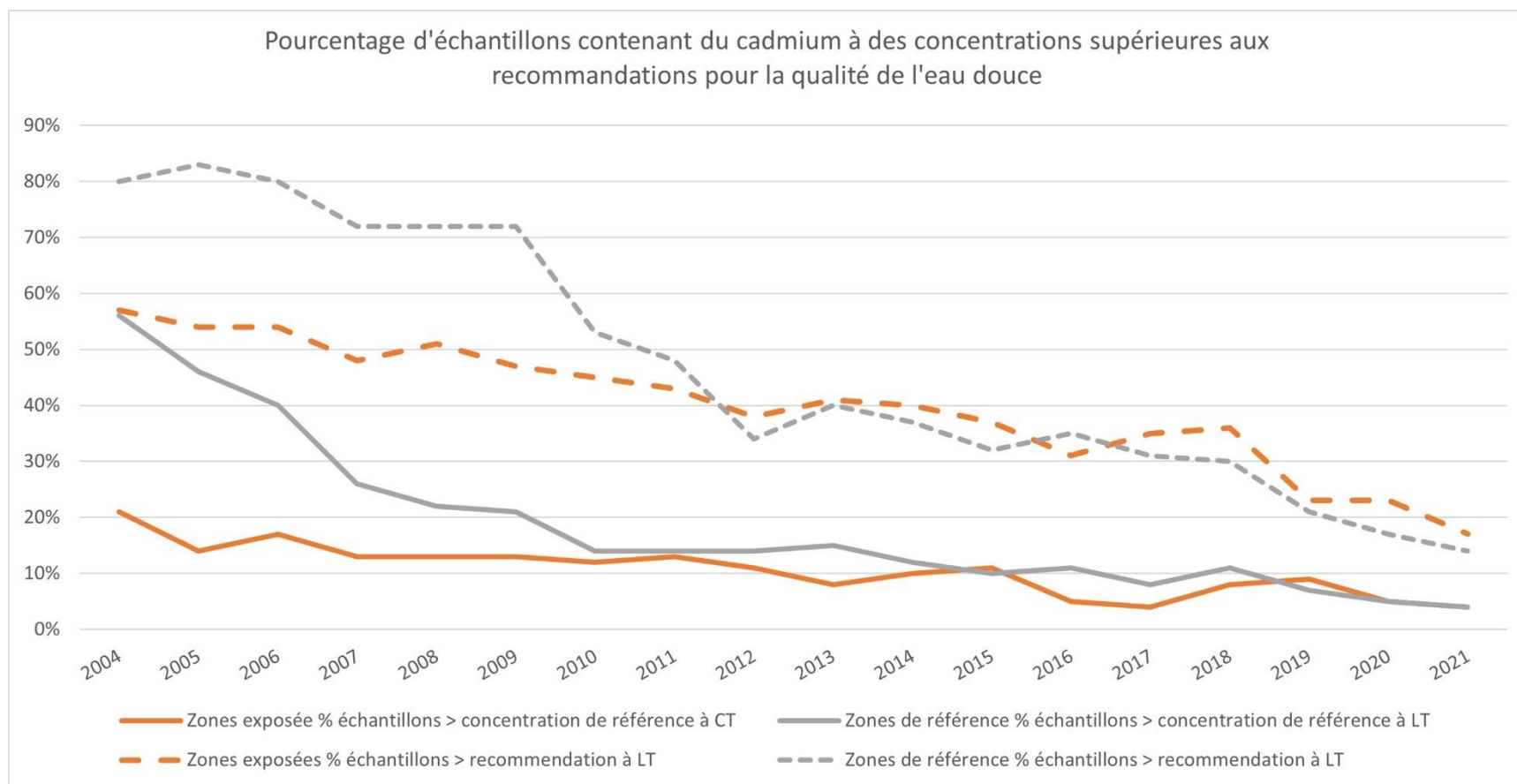


Figure 12. Pourcentage d'échantillons contenant du cadmium à des concentrations supérieures à la recommandation canadienne pour la qualité de l'eau douce à long terme et à la concentration de référence à court terme

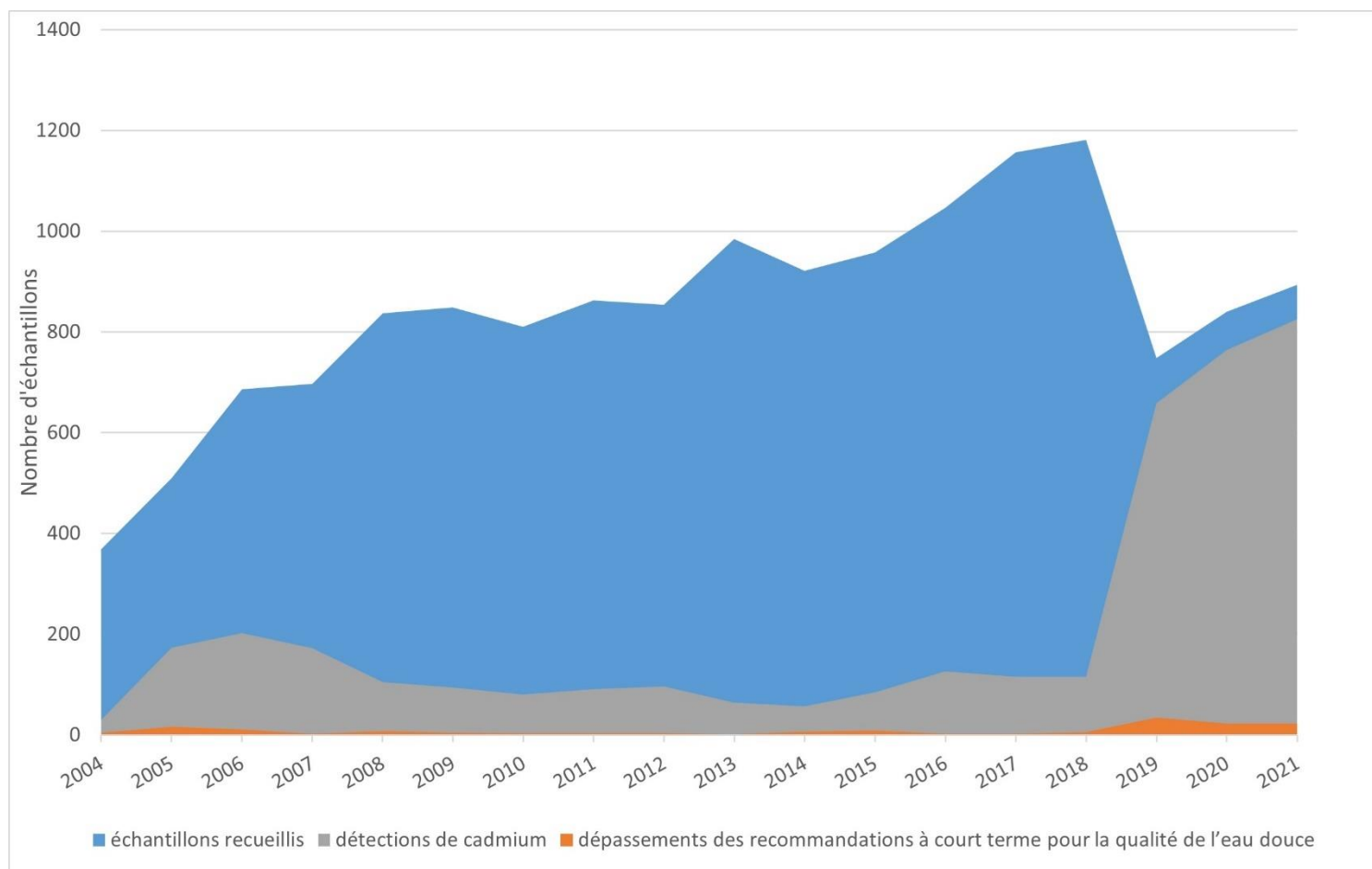


Figure 13. Nombre d'échantillons d'effluents prélevés par rapport au nombre de détections de cadmium et de dépassements de la recommandation pour la qualité des eaux à court terme au fil du temps.

2.4.2 Rejets des fabriques de pâtes et papiers

En vertu du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers*, des essais de toxicité sublétales sont requis une ou deux fois par année civile, selon que la fabrique rejette ses effluents pendant plus ou moins de 120 jours par année. Ces essais sont réalisés sur les effluents de l'émissaire susceptible de causer les effets les plus nocifs sur l'environnement. Ils permettent de surveiller la qualité des effluents par la mesure de paramètres de survie, de croissance ou de reproduction chez des organismes invertébrés ou des algues d'eau douce ou d'eau de mer dans un environnement de laboratoire contrôlé. L'exigence de procéder également à des essais sur une espèce de poisson a été retirée lors de modifications du règlement en 2008.

Les études de suivi biologique sont menées en trois ou six cycles. Les exigences pour chacune dépendent des résultats du cycle précédent. Ces études comptent trois volets visant à évaluer les effets : 1) une étude sur la population de poissons pour évaluer les effets sur la santé des poissons; 2) une étude sur la communauté d'invertébrés benthiques pour évaluer l'habitat ou les aliments des poissons; et 3) une étude sur les dioxines et les furanes dans les tissus de poissons pour évaluer l'utilisabilité par les humains des ressources halieutiques. Les études sur la population de poissons et la communauté d'invertébrés benthiques sont réalisées dans les zones exposée et de référence.

Le suivi des effets sur l'environnement montre une nette amélioration de la qualité des effluents depuis l'entrée en vigueur du règlement. Cependant, les données des études de suivi biologique indiquent que les effluents finaux de 77 % des fabriques en activité en 2019 avaient des effets sur les environnements récepteurs. Le profil national moyen des effets sur les poissons était typique des conditions liées à un enrichissement en nutriments, coexistant à une perturbation métabolique (réduction de la taille des gonades), et le profil national des effets sur l'habitat des poissons (communauté d'invertébrés benthiques) était propre aux divers degrés d'eutrophisation (c'est-à-dire conditions d'enrichissement en nutriments).

Les fabriques assujetties au règlement continuent d'étudier et de surveiller les effets sur l'environnement. Les études indiquent que les effets observés pourraient être liés à des taux élevés de matières organiques dans les effluents des fabriques. Le règlement actuel n'exige pas d'analyses de caractérisation des effluents servant à communiquer les concentrations de métaux qui s'y trouvent. Toutefois, il est probable que l'on apportera des modifications pour obliger des analyses trimestrielles de caractérisation des effluents. Des exigences relatives au suivi de la qualité de l'eau sont aussi envisagées.

Comme les installations de traitement des eaux usées, les installations de pâtes et papiers déclarent les rejets de cadmium dans l'eau à l'INRP à l'aide de calculs fondés sur des essais à la source, des coefficients d'émission publiés, ou des estimations techniques propres au site. En 2020, 23 installations ont mené des essais sur les effluents et signalé des concentrations moyennes de cadmium dans les effluents allant de 0,08 à 12,9 µg/L. Une seule a indiqué des concentrations inférieures au seuil de détection pour tous les échantillons; cependant, son seuil de détection était le plus élevé, à 5 µg/L. Les données des programmes de suivi provinciaux, recueillies dans des installations de pâtes et papiers en Colombie-Britannique aux fins de l'OIPABP, permettent d'estimer une concentration moyenne de cadmium d'environ 5 µg/L.

Constats et recommandations

Le cadmium était généralement présent dans les zones de référence, les effluents et les zones exposées des exploitations minières. Le pourcentage d'échantillons dont la concentration dépassait les recommandations pour la qualité de l'environnement a diminué avec le temps, bien

que les taux de détection et le nombre d'échantillons aient augmenté. Les concentrations de cadmium dans les effluents miniers sont rarement supérieures aux concentrations censées présenter une toxicité aiguë pour la vie aquatique; cependant, les concentrations dans les zones exposées dépassent la recommandation pour la qualité de l'environnement à long terme dans environ 17 % des cas. Il est arrivé que les concentrations soient plus élevées dans les zones de référence que dans les zones exposées, et les concentrations dans les zones de référence dépassent la recommandation à long terme dans 14 % des cas. Il pourrait y avoir des activités en amont ou des processus naturels qui devraient être pris en compte lors de l'évaluation des effets des exploitations minières.

Le suivi des effets sur l'environnement causés par les effluents des fabriques de pâtes et papiers est utile pour évaluer le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers*, mais offre actuellement une valeur limitée pour l'évaluation de la mesure du rendement en ce qui a trait au cadmium, car les effluents ne sont pas caractérisés. Les données recueillies conformément aux exigences de suivi actuelles montrent si l'environnement est touché et fournissent quelques renseignements sur la cause des effets, mais le rôle joué par des métaux donnés dans ces effets est inconnu. La caractérisation des effluents envisagée pour de nouvelles modifications du règlement aiderait à déterminer les causes des effets sur l'environnement. Comme indiqué à la section 2, les installations de pâtes et papiers sont responsables d'une grande partie des rejets de cadmium dans l'eau déclarés à l'INRP. La caractérisation des effluents et la surveillance des métaux dans les zones exposées pourraient soutenir l'établissement de conclusions sur les effets environnementaux de ces installations.

Il est recommandé :

- que soient envisagées des études supplémentaires sur les zones exposées aux effluents miniers et les zones de référence où les concentrations de cadmium sont supérieures aux concentrations recommandées calculées;
- que des exigences de caractérisation des effluents visant les métaux, y compris le cadmium, soient intégrées au règlement modifié pour faciliter l'évaluation des effets sur l'environnement causés par les rejets de cadmium des installations de pâtes et papiers et orienter les prochaines évaluations de la mesure du rendement.

2.5 Conclusion sur les rejets de cadmium provenant de sources anthropiques

Les inventaires de rejets constituent des outils importants pour rester à l'affût des tendances des rejets de cadmium dans l'environnement au fil du temps. Les tendances des rejets dans l'environnement déclarés représentent des indicateurs qui peuvent aider à déterminer si les approches de gestion des risques sont efficaces et si des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif de gestion des risques consistant à réduire les rejets de composés inorganiques de cadmium dans l'environnement au plus bas niveau possible. De tels progrès ont été accomplis, puisque les rejets totaux déclarés à l'INRP ont diminué de plus de 93 % depuis 1994. On constate une réduction importante des rejets déclarés dans l'air, dans l'eau et au sol pour les secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994 (production de métaux, emploi de combustibles dans des installations fixes, transport, élimination de déchets solides, épandage de boues d'épuration). En parallèle, d'autres secteurs qui n'avaient pas été caractérisés comme préoccupants dans l'évaluation de 1994 ont commencé à prendre une place plus importante dans le profil des rejets de cadmium, notamment la fabrication de pâtes et papiers et de produits du bois. Des travaux supplémentaires sont requis pour mieux comprendre les rejets de sources non prises

en compte dans l'INRP afin de déterminer s'il y a lieu d'envisager d'autres mesures de gestion des risques.

3 Le cadmium dans l'environnement

Comme indiqué plus haut, le cadmium pénètre dans l'environnement par des sources humaines et naturelles. Conformément à l'engagement du gouvernement de protéger la santé humaine et l'environnement, différents programmes assurent la surveillance des substances toxiques, y compris le cadmium dans l'air, l'eau, les sédiments, les poissons et les espèces sauvages.

Pour évaluer si des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental, il faut analyser les tendances des concentrations de cadmium dans l'environnement. Il importe de tenir compte des concentrations de fond dans cette analyse, et de comparer les concentrations environnementales de cadmium aux recommandations établies ou aux seuils entraînant des effets nocifs.

3.1 Air

Le cadmium se retrouve dans l'atmosphère à cause de processus naturels tels que les éruptions volcaniques, l'érosion, la poussière et les feux de forêt, mais provient en majeure partie d'activités humaines, comme indiqué à la section 2. Lorsqu'ils sont rejetés dans l'atmosphère, les composés de cadmium s'associent à des particules inhalables en suspension dans l'air, appelées matières particulaires (PM) atmosphériques. Ces particules peuvent être transportées sur de grandes distances et se déposer sur le sol ou y tomber avec la pluie. L'inhalation d'air à forte teneur en cadmium est nocive pour les personnes et les animaux.

Aux fins de la réglementation sur la qualité de l'air, les particules sont définies par leur diamètre. Les particules ayant un diamètre inférieur ou égal à $2,5\ \mu\text{m}$, ou $\text{PM}_{2,5}$, sont appelées particules « fines ». Celles ayant un diamètre supérieur à $2,5\ \mu\text{m}$, mais inférieur ou égal à $10\ \mu\text{m}$ sont appelées particules « grossières » ($\text{PM}_{10-2,5}$). L'abrégié PM_{10} désigne toutes les particules ayant un diamètre inférieur ou égal à $10\ \mu\text{m}$. Les matières particulaires englobent un large éventail d'espèces chimiques, y compris les composés de carbone élémentaire et organique, les oxydes de silicium, l'aluminium, le fer, les métaux traces, les sulfates, les nitrates et l'ammonium.

Au Canada, la qualité de l'air est suivie depuis plus de 50 ans au moyen de plusieurs programmes gouvernementaux. Le programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) a été mis sur pied en 1969 pour surveiller et évaluer la qualité de l'air ambiant dans les quartiers canadiens, dans le but de fournir des données précises et uniformes sur la qualité de l'air à long terme au pays (Celo & Dabek-Zlotorzynska, 2011; Environnement et Changement climatique Canada, 2022g; Gouvernement du Canada, 2022a). Il regroupe les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux et quelques collectivités régionales partenaires. Actuellement, près de 260 stations du RNSPA dans tout le pays recueillent des données de qualité de l'air relatives à divers polluants. La mesure des métaux dans l'air a été intégrée au programme en 1984. Au début, les matières particulaires fines et grossières étaient analysées au moyen de la spectrométrie de fluorescence X à dispersion d'énergie (ED-XRF), laquelle n'est pas assez sensible pour la plupart des éléments. En 2004, on a commencé à analyser les métaux contenus dans les $\text{PM}_{2,5}$ à l'aide de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) à cinq sites d'échantillonnage du RNSPA. Cette méthode est beaucoup plus sensible et permet de mesurer des concentrations très faibles d'éléments toxiques dans les matières particulaires atmosphériques. En 2022, les métaux

dans les $PM_{2,5}$ sont couramment mesurés par ICP-MS à 14 sites du RNSPA, et ceux dans les $PM_{10-2,5}$, à des sites sélectionnés.

Des données sur les PM_{10} relatives à la qualité de l'air à long terme sont également recueillies dans le cadre du programme du Réseau de contrôle et de surveillance du bassin des Grands Lacs, qui est mis en œuvre dans trois sites depuis les années 1980. Les stations de surveillance se trouvent sur l'île Burnt, dans le nord du lac Huron; à Egbert, dans l'est du lac Huron et la baie Georgienne; et à Point Petre, dans l'est du lac Ontario.

Des projets à court terme ont également été réalisés pour améliorer la compréhension des contaminants dans l'environnement nuisant à la qualité de l'air, de leurs sources et des risques cumulatifs pour la santé humaine. En voici des exemples :

- Durant une étude exhaustive menée à proximité de routes en 2015-2016, on a examiné les éléments traces dans des matières particulaires recueillies à trois stations de surveillance près de routes, situées dans le centre-ville de Toronto, près d'une autoroute achalandée de cette ville et près d'une importante route pour poids lourds à Vancouver (Celo et al., 2021; Dabek-Zlotorzynska et al., 2019).
- La qualité de l'air a été mesurée à cinq sites se trouvant près d'activités de traitement des sables bitumineux entre 2010 et 2017, dans le cadre du programme du Plan de mise en œuvre conjoint du Canada et de l'Alberta pour la surveillance visant les sables bitumineux (Mamun et al., 2021).
- Le projet des substances toxiques de l'atmosphère au Canada (ATiC) a été lancé en 2009 pour fournir des données à l'appui d'une évaluation du risque cumulatif des substances toxiques de l'atmosphère. Le travail réalisé a permis d'acquérir une compréhension de base des mesures des substances toxiques dans l'air ambiant au Canada et de déterminer plusieurs lacunes dans les connaissances sur lesquelles des études sont en cours.
- De nouvelles techniques d'échantillonnage passif ont récemment été élaborées sous la direction du Canada pour mesurer les métaux traces dans l'air (Gaga et al., 2019). Elles pourraient contribuer à l'obtention de nouvelles données dans les zones où les méthodes d'échantillonnage traditionnelles ne conviennent pas, car l'échantillonnage passif offre plusieurs avantages sur le plan des coûts, de l'entretien et de la convivialité en plus de ne nécessiter aucune électricité ni infrastructure.

Les données recueillies grâce aux travaux de recherche d'Environnement et Changement climatique Canada appuient des politiques, des programmes et des études du gouvernement, notamment la cote air santé, les Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement, et l'Accord Canada-État-Unis sur la qualité de l'air. Les tendances à la baisse du cadmium mesuré dans l'air indiquent que des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental.

3.1.1 Lignes directrices sur la qualité de l'air

Afin de protéger les personnes et l'environnement du cadmium dans l'air, de nombreuses provinces ont établi des lignes directrices sur la qualité de l'air ambiant extérieur. Il n'existe cependant aucune ligne directrice fédérale de ce type pour le cadmium. Les lignes directrices relatives au cadmium sont généralement calculées comme la concentration moyenne de cadmium dans les matières particulaires au cours d'une période d'un an (annuelle) ou de 24 heures. Le Québec a adopté une ligne directrice (norme) annuelle pour le cadmium dans les matières particulaires fixée à $0,0036 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($3,6 \text{ ng}/\text{m}^3$) (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, 2022). La ligne directrice annuelle de l'Ontario pour le cadmium dans l'air ambiant est établie à $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($5 \text{ ng}/\text{m}^3$), et celle sur 24 heures, à $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($25 \text{ ng}/\text{m}^3$) (Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et des Parcs de l'Ontario, 2020). De plus, l'Union européenne a défini une norme annuelle pour la qualité de l'air de $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} qui

concorde avec les lignes directrices pour la qualité de l'air de l'Organisation mondiale de la Santé (Agence européenne pour l'environnement, 2021). Bien que d'autres provinces canadiennes ont aussi établi des lignes directrices pour la qualité de l'air ambiant, celles de l'Ontario et du Québec sont les plus basses et seront utilisées dans la présente évaluation.

Un autre indicateur important dont il faut tenir compte dans cette évaluation de l'efficacité des mesures de gestion des risques du cadmium est le nombre de fois que les concentrations de cadmium dans l'air ont dépassé les lignes directrices pour la qualité de l'air mises en place afin de protéger l'environnement et la santé humaine. Il convient de noter que les lignes directrices de l'Ontario reposent sur une évaluation des effets sur la santé humaine, mais non sur l'environnement. Celles du Québec ont été élaborées à partir d'une modélisation toxicologique et tiennent compte des concentrations de fond, des coûts et des avantages pour la santé publique, de la compétitivité des industries et de la faisabilité technologique (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, 2022).

3.1.2 Concentrations de cadmium dans l'air au Canada et comparaison avec les lignes directrices pour la qualité de l'air

Un examen des données de suivi recueillies dans le cadre des programmes et des études mentionnés plus haut a révélé que les concentrations moyennes de cadmium étaient semblables dans les matières particulaires des zones urbaines et rurales.

Les concentrations moyennes de cadmium dans les matières particulaires fines ont varié entre 0,04 et 0,09 ng/m³ de 2004 à 2019. Durant cette période, les concentrations moyennes et médianes les plus élevées ont été enregistrées à Montréal (Québec) et Windsor (Ontario). La concentration maximale a été mesurée à Edmonton (Alberta) (donnée aberrante, non illustrée à la Figure 14, voir le Tableau 3). Cependant, il n'y a eu aucun dépassement des lignes directrices pour la qualité de l'air sur 24 heures de l'Ontario ni des lignes directrices annuelles sur la qualité de l'air ambiant de l'Ontario et du Québec. Halifax présentait les concentrations moyennes et médianes les plus faibles. Des études dans la région des sables bitumineux de l'Alberta, visant la période 2016-2017, montrent que les feux incontrôlés constituaient la principale source de cadmium dans la région (Mamun et al., 2021). Les concentrations les plus élevées, qui allaient de 0,26 à 0,38 ng/m³, ont été enregistrées pendant les feux incontrôlés survenus en Alberta en mai 2016. Toutefois, ces concentrations sont inférieures ou comparables à celles de la plupart des lieux urbains du pays. Les concentrations de cadmium ne semblent pas corrélées aux saisons (Celo & Dabek-Zlotorzynska, 2011; Li et al., 2020), mais les concentrations élevées paraissent être observées dans des zones touchées par des activités industrielles locales ou régionales, par exemple la fusion de métaux non ferreux. Bien que les stations de surveillance ne soient pas nécessairement situées près de zones industrielles, le cadmium contenu dans les matières particulaires est transporté loin des sources de rejet. Par exemple, les zones résidentielles peuvent recevoir des matières particulières provenant d'activités industrielles effectuées dans un autre quartier ou une autre ville.

Les données de suivi indiquent qu'entre 53 et 79 % du cadmium et de ses composés se trouvent dans les PM_{2,5} (Tableau 5). Il en découle que si l'on ne surveille que les concentrations de cadmium dans les PM_{2,5}, on ne tient pas compte d'une quantité potentiellement significative de cadmium. Comme le notent Galarneau et al. (2016), il importe d'inclure les matières particulaires grossières dans la mesure du cadmium dans l'air ambiant pour assurer que la charge relative des métaux dans l'air n'est pas sous-estimée. Les concentrations de cadmium mesurées dans les PM₁₀ et les PM_{2,5} selon les différents programmes ne dépassaient pas les lignes directrices annuelles pour la qualité

de l'air ambiant de l'Ontario et du Québec. Toutes les valeurs étaient inférieures aux lignes directrices annuelles pour la qualité de l'air de 5 ng/m³ et à celles sur 24 heures de 25 ng/m³.

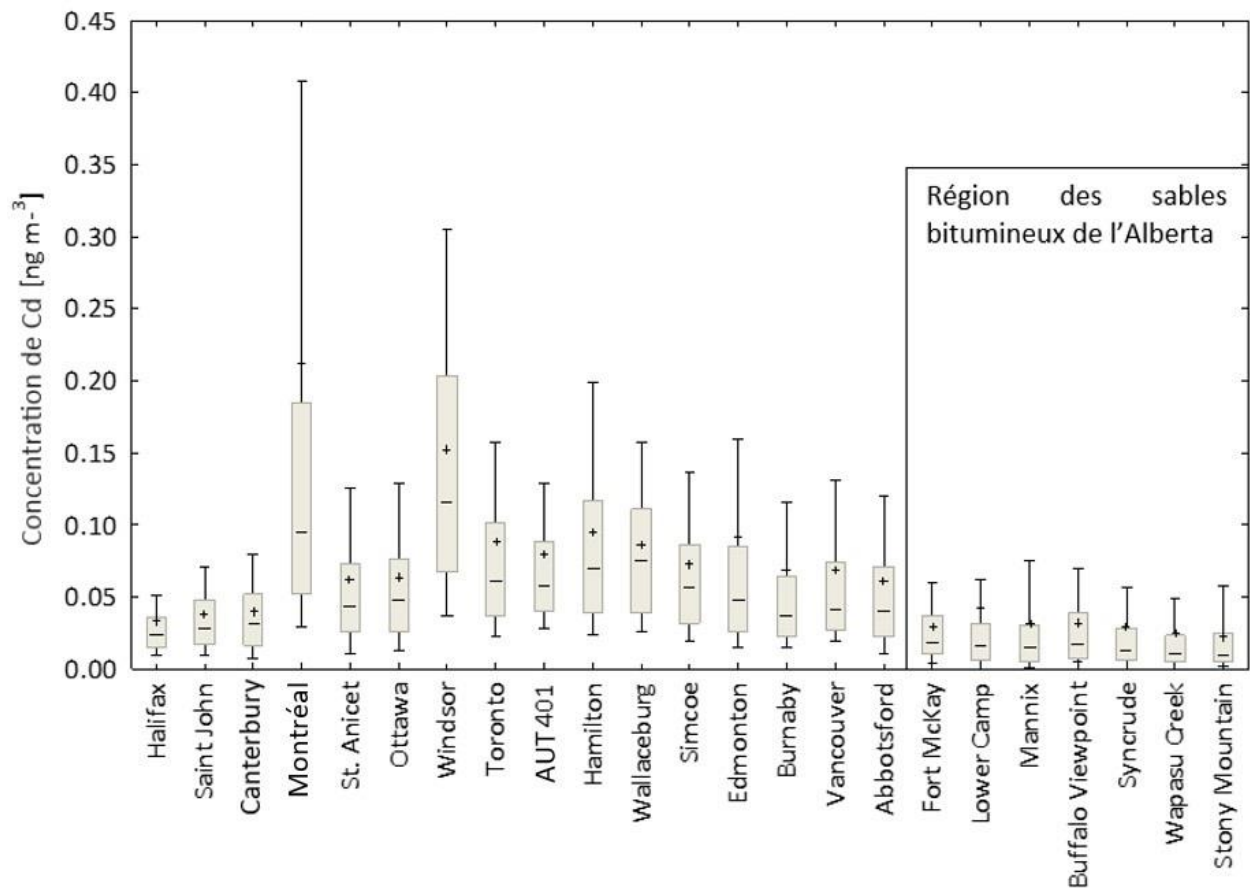


Figure 14. Concentrations de cadmium dans l'air aux emplacements des stations de surveillance du RNSPA et de la région des sables bitumineux entre 2004 et 2019.

Tableau 3. Concentrations de cadmium dans les PM_{2,5} mesurées dans le cadre du programme RNSPA.

Site	Années d'exploitation	Fréquence de détection	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Écart-type
Halifax	2012-2019	64,9	0,009	2,38	0,02	0,03	0,08
Saint John	2010-2019	66,0	0,009	0,87	0,03	0,04	0,05
Canterbury	2004-2009	72,9	0,005	0,30	0,03	0,04	0,03
Montréal	2004-2019	95,7	0,009	12,02	0,09	0,21	0,55
Saint-Anicet	2014-2017	83,2	0,008	0,74	0,04	0,06	0,07
Ottawa	2012-2019	83,5	0,009	0,54	0,05	0,06	0,07
Windsor	2004-2019	96,1	0,008	1,11	0,12	0,15	0,13
Toronto	2004-2019	90,0	0,005	4,72	0,06	0,09	0,17
Hamilton	2013-2019	93,3	0,009	0,73	0,07	0,10	0,09
Wallaceburg	2010-2012	83,5	0,009	0,72	0,08	0,09	0,08
Simcoe	2010-2019	91,8	0,009	2,00	0,06	0,07	0,10
Edmonton	2010-2019	85,4	0,008	14,89	0,05	0,09	0,49
Burnaby	2010-2019	76,3	0,009	2,35	0,03	0,07	0,14
Abbotsford	2004-2019	80,2	0,005	2,59	0,04	0,06	0,11
Fort McKay - Région des sables bitumineux de l'Alberta	2016-2017	78,9	0,005	0,28	0,02	0,03	0,04
Lower Camp - Région des sables bitumineux de l'Alberta	2011-2015	62,8	0,004	3,50	0,02	0,04	0,21
Mannix - Région des sables bitumineux de l'Alberta	2011-2015	61,9	0,004	0,53	0,02	0,03	0,06
Buffalo Viewpoint - Région des sables bitumineux de l'Alberta	2017	65,5	0,005	0,25	0,02	0,03	0,04
Syncrude - Région des sables bitumineux de l'Alberta	2011-2015	59,2	0,004	0,75	0,02	0,03	0,06
Wapasu Creek - Région des sables	2016-2017	53,4	0,005	0,33	0,01	0,02	0,05

bitumineux de l'Alberta							
Stony Mountain - Région des sables bitumineux de l'Alberta	2016-2017	53,7	0,005	0,38	0,01	0,02	0,04
Autoroute 401 - Études à proximité de routes	2015-2019	96,9	0,009	4,49	0,06	0,08	0,20
Vancouver - Études à proximité de routes	2015-2019	90,9	0,009	0,63	0,04	0,07	0,09

Tableau 4. Concentrations de cadmium dans les PM₁₀ (ng/m³) dans le bassin des Grands Lacs.

Site	Années d'exploitation	Fréquence de détection	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Écart-type
Île Burnt	1995-2013	84,5 %	0,002	1,2	0,05	0,09	0,11
Egbert	1995-2008	94,3 %	0,009	1,4	0,11	0,15	0,15
Point Petre	1995-2017	94,9 %	0,006	1,1	0,07	0,10	0,09

Tableau 5. Répartition selon la taille des particules du cadmium trouvé dans des échantillons prélevés à certains sites entre 2015 et 2017 et en 2019.

Site	Concentration médiane dans les PM ₁₀ (ng m ⁻³)	Concentration minimum dans les PM ₁₀ (ng m ⁻³)	Concentration maximum dans les PM ₁₀ (ng m ⁻³)	Classe granulométrique moyenne (%) particules fines (< 2,5 µm)	Classe granulométrique moyenne (%) particules grossières (2,5 à 10 µm)
Montreal, QC	0,144	0,012	1,312	68,0	32,0
Hamilton, ON	0,134	0,012	0,420	78,4	21,6
Toronto, ON	0,115	0,040	0,515	74,5	25,5
Edmonton, AB	0,091	0,012	0,561	62,2	37,8
Vancouver, BC	0,081	0,027	0,623	53,1	46,9
Autoroute 401, ON	0,076	0,034	0,423	71,6	28,4
Burnaby, BC	0,049	0,012	0,672	74,2	25,8
Saint John, NB	0,039	0,008	0,149	75,1	24,9

Les sources potentielles du cadmium dans les particules atmosphériques ont aussi été étudiées. Les données de suivi du RNSPA indiquent que les sites urbains présentent des concentrations de cadmium supérieures à celles des sites de référence régionaux (Celo & Dabek-Zlotorzynska, 2011). Il est supposé que les feux incontrôlés sont responsables des concentrations maximales trouvées dans des échantillons prélevés dans la région des sables bitumineux de l'Alberta (Mamun et al., 2021). Plus récemment, des données préliminaires recueillies à l'aide de méthodes d'échantillonnage passif suggèrent que les concentrations des zones urbaines et rurales sont supérieures à celles des régions de référence éloignées (voir l'annexe 2 pour des renseignements détaillés). Les échantillons collectés dans les zones urbaines du Canada contenaient autant ou moins de cadmium et d'autres métaux traces que les échantillons récoltés dans des zones urbaines de l'Europe, du Japon et des États-Unis (Celo & Dabek-Zlotorzynska, 2011).

Les données de sept¹¹ sites choisis du RNSPA obtenues entre mai 2004 et décembre 2006 ont été analysées pour trouver les sources potentielles de métaux traces à chaque site (Celo & Dabek-Zlotorzynska, 2011). Deux sources possibles seraient à l'origine de la plus grande partie du cadmium dans l'air : les cendres volantes provenant des centrales thermiques au charbon, et la pollution industrielle, y compris la production et la transformation des métaux. Il a été constaté que les processus naturels et la circulation routière n'avaient pas beaucoup d'influence sur les concentrations de cadmium aux sites échantillonnés. Une étude récente menée dans des zones à forte densité de circulation à Toronto et à Vancouver a confirmé que la circulation n'a pas d'effet significatif sur les matières particulaires, mais que les industries régionales et locales avaient contribué aux concentrations de cadmium trouvées dans les matières particulaires à ces sites urbains (Celo et al., 2021; Jeong et al., 2019, 2020). Des études employant des techniques d'échantillonnage passif réalisées dans la région du Grand Toronto laissent à penser que ces concentrations sont influencées par les émissions des véhicules et les sources locales et résidentielles (Gaga et al., 2019, annexe 2), mais cette méthode est encore relativement nouvelle, et une validation ainsi qu'une enquête supplémentaires sont nécessaires pour formuler des conclusions et écarter tout facteur de confusion possible.

Dans la région des Grands Lacs, les analyses indiquent qu'une partie du cadmium dans les matières particulaires provient de sources humaines, soit principalement la combustion de combustibles fossiles, la transformation et l'affinage des métaux, et les émissions de véhicules ou sources de gaz d'échappement liées à la circulation (Li et al., 2020). Des modèles informatiques ont été employés pour trouver d'où venait la pollution. Dans le cas du cadmium, il a été déterminé qu'elle provenait surtout des États-Unis, bien que quelques sources canadiennes aient été notées autour de Sudbury (Ontario) et près de Montréal (Québec) (Figure 15) (Li et al., 2020). Des données sont encore recueillies à Point Petre, mais ne le sont plus à l'île Burnt ni à Egbert, ce qui rendra ce type d'analyse de modélisation difficile à reproduire à l'avenir.

En plus de l'analyse des concentrations totales de cadmium dans les matières particulaires, des essais sont également réalisés pour déterminer la quantité de cadmium des matières particulaires qui peut être dissoute dans l'eau. Ces renseignements aident à comprendre le potentiel d'exposition, les effets négatifs sur la santé à court et à long terme des matières particulaires ainsi

¹¹ Abbotsford (Colombie-Britannique), Vancouver (Colombie-Britannique), Simcoe (Ontario), Toronto (Ontario), Windsor (Ontario), Montréal (Québec) et Canterbury (Nouveau-Brunswick)

que la façon dont les métaux se déplacent et sont transportés dans l'air. Les données du RNSPA montrent que le cadmium trouvé dans les $PM_{2,5}$ est soluble à plus de 85 % à tous les sites. Cela signifie que la majorité du cadmium rejeté dans l'atmosphère parmi les matières particulaires peut être dissous dans des précipitations comme la pluie ou la neige, qui tombent au sol ou se joignent aux eaux de surface. Le cadmium dissous peut alors être absorbé par les plantes et les animaux. Par conséquent, le rejet de cadmium dans l'air parmi les matières particulaires peut causer des effets importants sur les concentrations de cadmium observées dans les sols, les sédiments et les eaux de surface, ainsi sur la vie aquatique.

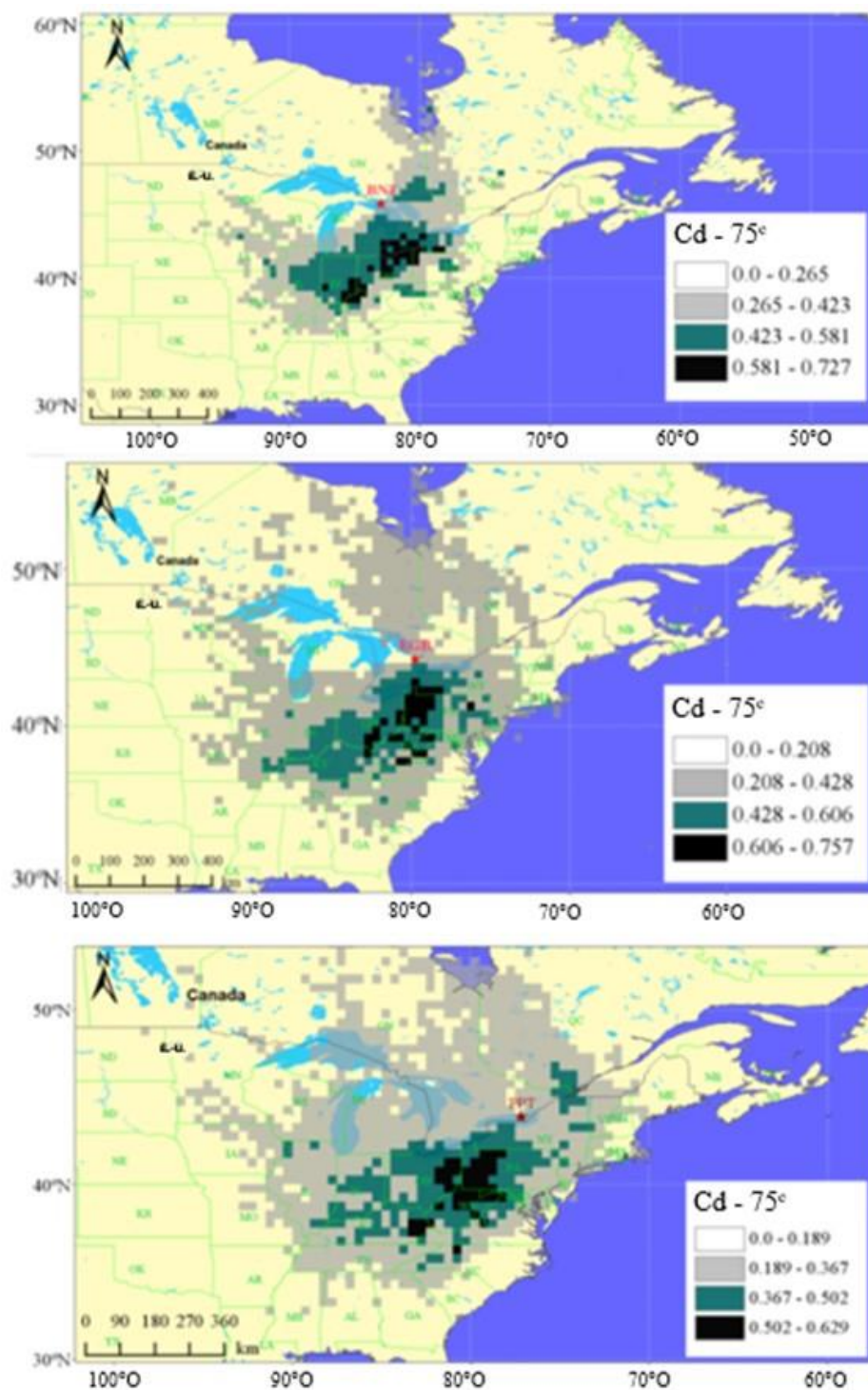


Figure 15. Zones sources modélisées du cadmium, d'après les concentrations de cadmium dans les PM_{10} aux stations de surveillance à l'île Burnt, à Egbert et à Point Petre.

Cette analyse sert couramment à cerner l'emplacement des sources de polluants dans la région grâce à des calculs permettant de déterminer par où est passé l'air qui transporte les particules contenant du cadmium. Les mailles colorées des cartes indiquent ce qui suit : le noir montre les zones sources les plus probables (probabilité de 99 %) correspondant à la plage de concentrations la plus élevée (inscrite dans la légende). Viennent ensuite le vert foncé (probabilité de 95 à 99 %), puis le gris pâle (probabilité de 75 à 95 %), et enfin le transparent, qui montre les zones sources les moins probables (probabilité de 0 à 75 %).

3.1.3 Tendances temporelles des concentrations atmosphériques de cadmium

On peut représenter le progrès réalisé vers l'atteinte de l'objectif environnemental par la diminution des concentrations atmosphériques de cadmium; cet objectif étant atteint lorsque les concentrations sont égales aux concentrations de fond estimées. Dans le bassin des Grands Lacs, on observe une diminution aux trois stations de surveillance depuis le milieu des années 1990 (Figure 16).

Environ la moitié des stations surveillées par le RNSPA affichent des tendances à la baisse significatives des concentrations de cadmium dans l'air ambiant au fil du temps (

Tableau 6). Aucune tendance n'a été observée aux endroits suivants : Halifax (Nouvelle-Écosse), Canterbury (Nouveau-Brunswick), Saint-Anicet (Québec), Wallaceburg (Ontario), Simcoe (Ontario), Edmonton (Alberta), Burnaby (Colombie-Britannique) et Vancouver (Colombie-Britannique). On ne voit pas clairement pourquoi ces sites ne présentent pas de diminution, mais ce pourrait être dû aux contributions de sources naturelles ou au fait que les émissions de cadmium dans ces régions n'ont pas été atténuées par les mesures de gestion des risques prises au Canada. Néanmoins, à l'échelle nationale, les concentrations atmosphériques de cadmium ont diminué de façon significative (Figure 17). Malheureusement, les données étaient insuffisantes pour permettre un examen plus approfondi de ces sites par une comparaison de leurs types et des utilisations des terres environnantes.

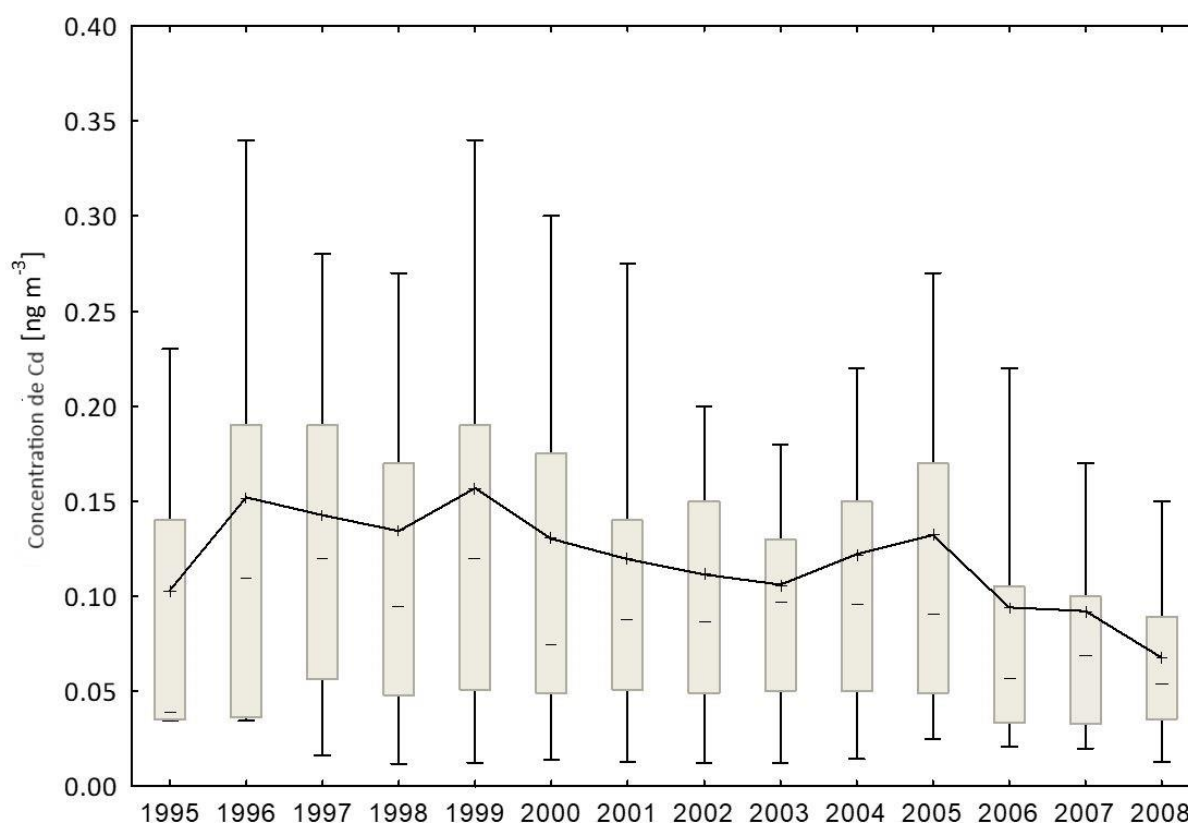


Figure 16. Concentrations de cadmium dans les PM₁₀ mesurées à trois stations de surveillance à long terme dans le bassin des Grands Lacs entre 1995 et 2008.

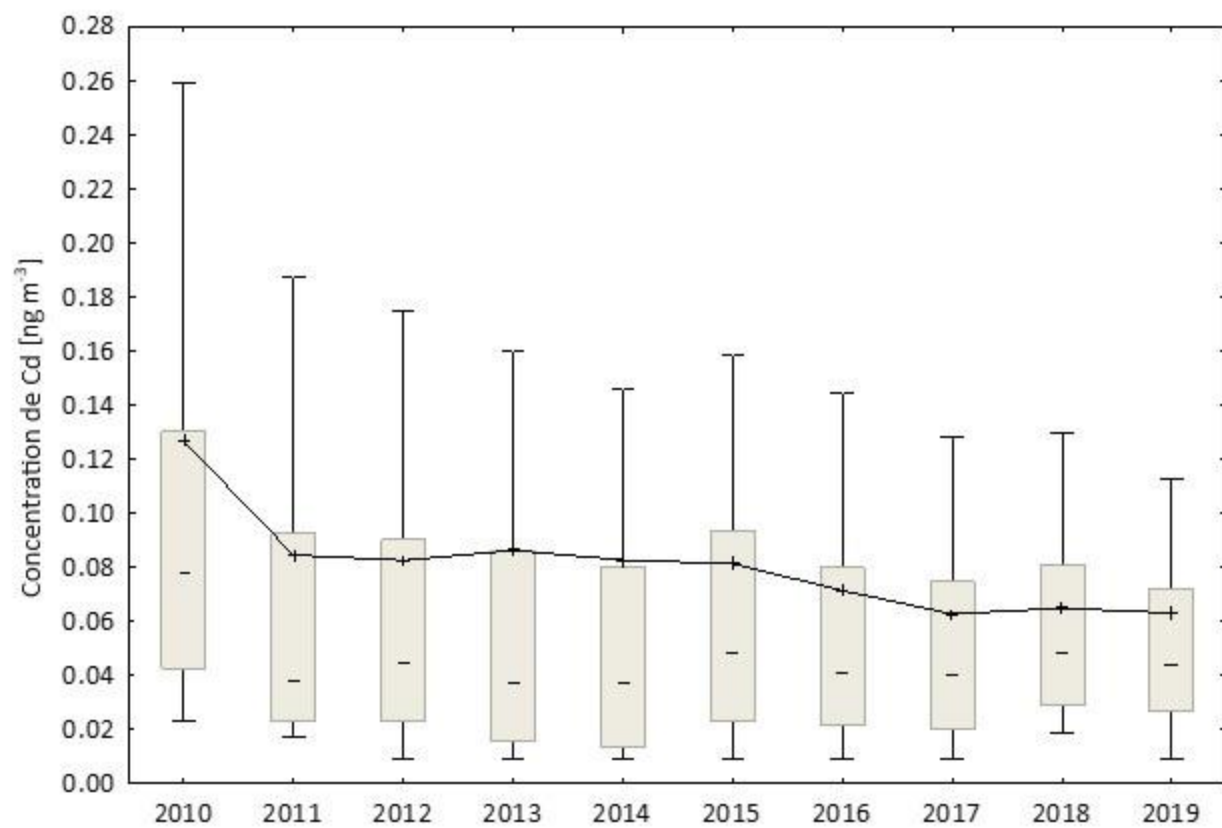


Figure 17. Concentrations médianes de cadmium dans les PM_{2,5} aux stations canadiennes du RNSPA entre 2010 et 2019.

Tableau 6. Concentrations de cadmium dans les matières particulaires fines (ng/m³).

Site	Type de site	Utilisation des terres environnantes	Dates d'exploitation	Nombre d'échantillons	Tendance
Halifax	Exposition de la population générale	Résidentielle	2012-2019	949	Aucune tendance
Saint John	Source ponctuelle	Résidentielle	2010-2019	877	À la baisse**
Canterbury	Référence régionale	Non aménagée	2004-2009	406	Aucune tendance
Montréal	Exposition de la population générale	Résidentielle	2004-2019	1 598	À la baisse**
Saint-Anicet	Référence régionale	Agricole	2014-2017	208	Aucune tendance
Ottawa	Exposition de la population générale	Résidentielle	2012-2019	497	À la baisse*
Windsor	Source de type transport	Résidentielle	2004-2019	1 323	À la baisse**
Toronto	Exposition de la population générale	Industrielle	2004-2019	1 886	À la baisse**
Autoroute 401	Source de type transport	Commerciale	2015-2019	509	À la baisse*
Hamilton	Source ponctuelle	Résidentielle	2013-2019	787	À la baisse**
Wallaceburg	Référence régionale	Résidentielle	2010-2012	158	Aucune tendance
Simcoe	Référence régionale	Agricole	2010-2019	571	Aucune tendance
Edmonton	Exposition de la population générale	Industrielle	2010-2019	969	Aucune tendance
Burnaby	Exposition de la population générale	Résidentielle	2010-2019	709	Aucune tendance
Vancouver	Source de type transport	Résidentielle	2015-2019	330	Aucune tendance
Abbotsford	Exposition de la population générale	Industrielle et Agricole	2004-2010 et 2012-2019	1 015	À la baisse**
Fort McKay - Région des sables bitumineux de l'Alberta	Référence régionale	Forêt	2016-2017	232	S/O
Lower Camp - Région des sables bitumineux de l'Alberta	Source ponctuelle	Industrielle	2011-2015	285	Aucune tendance
Mannix - Région des sables bitumineux de l'Alberta	Source ponctuelle	Industrielle	2011-2015	294	À la baisse**
Buffalo Viewpoint - Région des	Source ponctuelle	Industrielle	2017	55	S/O

sables bitumineux de l'Alberta					
Syncrude - Région des sables bitumineux de l'Alberta	Source ponctuelle	Forêt	2011-2015	223	À la baisse**
Wapasu Creek - Région des sables bitumineux de l'Alberta	Référence régionale	Forêt	2016-2017	116	S/O
Stony Mountain - Région des sables bitumineux de l'Alberta	Référence régionale	Industrielle	2016-2017	205	S/O
* Indique un niveau de signification $p < 0,05$ ** Indique un niveau de signification $p < 0,01$ Type de site : Caractérise le site selon les influences des sources. Exposition de la population générale : Le site se trouve dans une zone urbaine où la population vit, travaille, magasine et se divertit, et n'est pas catégorisé comme une source de type transport ou une source ponctuelle. Référence régionale : Le site se trouve à l'extérieur des zones urbaines. Source de type transport – influence : Le site se trouve à moins de 100 m d'une route importante ou est influencé par des véhicules ou des moteurs hors route, ou des sources ferroviaires, marines ou d'aviation en zone urbaine. Source ponctuelle – influence : Le site se trouve près ($< \sim 10$ km) d'une source fixe importante d'émissions en zone urbaine; la classification repose sur les données de mesure des composés organiques volatils et du dioxyde de soufre dans l'air ambiant. Utilisation des terres : Indique le principal type d'utilisation des terres dans un rayon de 400 m autour de la station.					

Constats et recommandations

Les sources humaines contribuent aux concentrations atmosphériques de cadmium qui sont supérieures aux concentrations de fond. La combustion de charbon et de combustibles fossiles, la production de métaux et la fabrication sont les principales sources du cadmium dans l'air. Les feux incontrôlés sont également des sources importantes du cadmium trouvé dans les matières particulaires. Les sources canadiennes liées à la circulation ne semblent pas contribuer aux concentrations de cadmium dans les matières particulaires (Celo et al., 2021; Celo & Dabek-Zlotorzynska, 2011). En revanche, la poussière de route recueillie près d'autoroutes à Toronto s'est avérée modérément à fortement contaminée par le cadmium (Nazzari et al., 2013), et des sources liées à la circulation aux États-Unis ont été établies comme des contributrices aux concentrations de cadmium dans les PM_{10} obtenues dans le bassin des Grands Lacs (Li et al., 2020). Des études préliminaires par échantillonnage passif ont révélé des différences entre les concentrations de cadmium dans la région du Grand Toronto (Gaga et al., 2019), mais d'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre le potentiel de contribution des sources canadiennes par rapport aux sources à grande distance et aux sources industrielles locales ainsi que pour explorer d'autres facteurs de confusion.

De plus, les concentrations atmosphériques de cadmium au Canada semblent influencées par les activités industrielles aux États-Unis. La modélisation d'attribution est essentielle pour formuler des conclusions sur la contribution des sources de cadmium dans les régions éloignées des points de rejet et pour fournir des données probantes permettant de faire avancer les travaux liés aux accords binationaux, non seulement pour le cadmium, mais aussi pour plusieurs autres substances. La fermeture de deux stations de surveillance dans le bassin des Grands Lacs nuira à la capacité de reproduire ce type de modélisation à l'avenir.

Les lignes directrices pour la qualité de l'air ambiant n'ont été dépassées à aucun des emplacements surveillés par les programmes d'Environnement et Changement climatique Canada. Ceci indique que des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental. Cependant, ces lignes directrices visent surtout à protéger la santé humaine et ne tiennent peut-être pas compte des risques pour les espèces sauvages ou des effets du dépôt atmosphérique sur les concentrations de cadmium dans les sédiments et l'eau.

Il existe des données de surveillance à long terme de bonne qualité sur des lieux importants du Canada, malgré quelques lacunes dans la couverture spatiale et temporelle. Toutefois, le nombre de lieux de surveillance de la qualité de l'air visant les métaux a diminué au fil du temps. On dispose de peu d'information sur les provinces des Prairies, Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard et le Nord.

Les concentrations atmosphériques de cadmium ont généralement diminué avec le temps. La plupart des emplacements de stations de surveillance présentent des tendances à la baisse significatives, bien que dans certains cas, les concentrations sont restées stables au cours des dernières années. Les concentrations observées sont similaires à celles d'autres pays développés.

Il est recommandé :

- que l'on poursuive la surveillance de l'air ambiant pour appuyer les futures évaluations de la mesure du rendement et que l'on assure autant que possible le prélèvement de particules de toutes tailles et l'inclusion de celles-ci dans les analyses;
- que l'on réfléchisse à l'augmentation de la couverture de surveillance de l'air ambiant relative aux métaux analysés par ICP-MS afin de combler les lacunes spatiales, et à son expansion aux zones près des sources ponctuelles de pollution, y compris par une coopération avec les provinces et les territoires, selon le cas, en fonction des ressources disponibles;
- que la modélisation atmosphérique et les analyses d'attribution des sources visant le cadmium et d'autres métaux se poursuivent, et que les lacunes dans les données essentielles aux activités de modélisation soient comblées;
- que l'on envisage d'autres études des sources de cadmium dans l'air ambiant pour établir si les concentrations stables de certains endroits sont dues à des sources locales de rejet ou à des sources naturelles ou internationales;
- que l'on examine les lignes directrices pour la qualité de l'air ambiant visant le cadmium actuelles afin de déterminer si elles sont adéquates pour protéger les milieux aquatiques contre le dépôt atmosphérique, et que l'on réfléchisse à l'élaboration ou à la mise à jour de lignes directrices pour la qualité de l'environnement, au besoin.

3.2 Milieu aquatique

Le gouvernement fédéral exploite des réseaux de surveillance dans les plans d'eau canadiens en coordination avec des partenaires provinciaux, territoriaux et internationaux aux États-Unis. Dans le cadre de son mandat de surveillance de la qualité des eaux transfrontalières, Environnement et Changement climatique Canada mesure les concentrations de contaminants d'origine naturelle et anthropique qui pénètrent dans l'environnement et peuvent causer des effets nocifs. Étant donné la nature diversifiée et les caractéristiques complexes des contaminants visés, les réseaux d'Environnement et Changement climatique Canada surveillent les substances chimiques dissoutes ou fixées aux particules en suspension dans l'eau, celles qui se déposent parmi les sédiments et celles qui tendent à s'accumuler dans les plantes et les animaux vivant dans les lacs et les rivières. Certains composés, comme les métaux, ont fait l'objet de mesures depuis la création des réseaux de surveillance, tandis que d'autres ont été ajoutés en raison de priorités précises, comme le Plan de gestion des produits chimiques du Canada.

3.2.1 Comprendre la présence naturelle du cadmium dans l'environnement et les effets des conditions aquatiques sur la toxicité

Comme le cadmium est un élément d'origine naturelle, la géologie locale et régionale influence fortement son profil d'occurrence au Canada. Il faut tenir compte des occurrences naturelles lorsqu'on interprète les concentrations environnementales pour déterminer si les concentrations observées lors des programmes de surveillance environnementale ressemblent aux concentrations de fond attendues et si elles posent un risque pour l'environnement. Bien qu'un survol complet de la géologie du Canada dépasse la portée du présent rapport, on peut donner l'exemple des Grands Lacs et du bassin du Saint-Laurent pour illustrer les liens entre la géologie régionale et la présence de cadmium dans une région. Dans ce bassin versant, le substratum rocheux influe grandement sur les concentrations de fond des métaux dans les sédiments. Le substratum des lacs Supérieur et Huron et du nord du bassin versant du Saint-Laurent fait partie du Bouclier canadien. Ces roches sont faibles en calcium, ce qui réduit la dureté et accroît l'acidité des eaux sus-jacentes (Figure 18). Il en découle aussi que les métaux sont plus facilement lessivés du substratum dans ces eaux et se retrouvent plus souvent dans les sédiments. Le substratum des lacs Érié et Ontario et du sud du bassin versant du Saint-Laurent se compose de roches sédimentaires, dont la teneur en calcium est élevée. À ces endroits, la présence de calcium augmente la dureté et réduit l'acidité, ce qui diminue la toxicité des métaux dans les milieux aquatiques.

Les différences entre les Grands Lacs d'amont et d'aval sont des exemples des facteurs qui doivent orienter l'interprétation des concentrations environnementales des éléments d'origine naturelle, comme le cadmium. Il est nécessaire de comprendre la géologie régionale, surtout compte tenu des effets qu'elle peut avoir sur des facteurs qui atténuent la toxicité, tels que le pH (niveau d'acidité) et le calcium dans les milieux aquatiques.

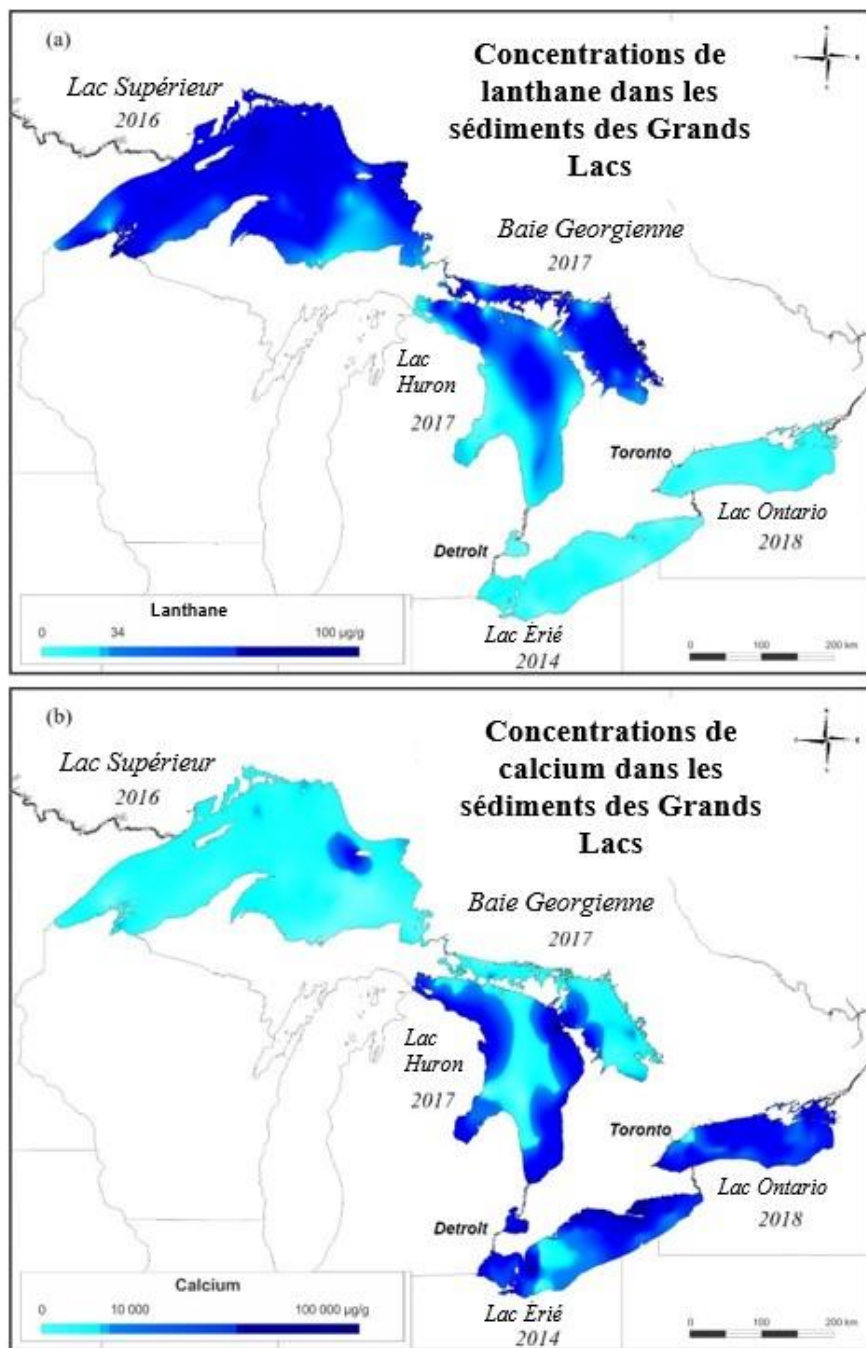


Figure 18. Concentrations de lanthane (a) et de calcium (b) dans les sédiments des Grands Lacs. Le lanthane est un élément d'origine naturelle qui peut être utilisé pour déterminer les zones dont les sédiments proviennent de roches du Bouclier canadien. Les concentrations de calcium sont associées à des sédiments provenant de roches sédimentaires et à des zones où la toxicité du cadmium pourrait être réduite. Les concentrations élevées de lanthane peuvent indiquer des zones où la toxicité du cadmium est accrue. Les zones ayant de fortes concentrations de calcium peuvent correspondre à des zones où la toxicité du

cadmium est réduite. Ensemble, ces images montrent la nécessité de tenir compte de la géologie régionale pour interpréter les concentrations environnementales des éléments d'origine naturelle.

Dans l'eau, le cadmium peut se trouver sous de nombreuses formes différentes, qui dépendent de conditions aquatiques comme le pH, la dureté et la présence de matières organiques naturelles (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2014). Ces conditions peuvent entraîner le retrait du cadmium de l'eau et son dépôt dans les sédiments, et sont l'un des principaux facteurs déterminant son devenir et son transport (Lawrence et al., 1996). La dureté, une mesure des ions chargés positivement (cations) dans l'eau (en général, le calcium et le magnésium), est considérée comme un facteur modifiant la toxicité du cadmium et influence fortement cette toxicité pour les organismes aquatiques (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2014).

Le cadmium est toxique pour les organismes aquatiques, car il bloque leur capacité à absorber le calcium, un minéral essentiel à la croissance des os et au maintien de la masse osseuse ainsi qu'aux mouvements des muscles. Au lieu d'absorber le calcium, les organismes aquatiques absorbent le cadmium (Roch & Maly, 1979). Les eaux ayant une dureté élevée réduisent la toxicité du cadmium, parce que les concentrations élevées de calcium diminuent la quantité de cadmium absorbée par les organismes aquatiques (McGeer et al., 2012; Niyogi & Wood, 2004). D'autres facteurs, comme le carbone organique dissous, diminuent la toxicité du cadmium en réduisant sa biodisponibilité. Chez les poissons, la principale cause de la toxicité aiguë du cadmium est l'inhibition de l'absorption et du transport du calcium dans les branchies. Les concentrations de cadmium dans les poissons entiers d'un endroit donné fournissent une idée de la quantité de cadmium biodisponible dans le milieu aquatique. Le cadmium s'accumule facilement dans certains organismes aquatiques, comme les crustacés et les mollusques, et tend à s'accumuler dans les organes plutôt que dans les muscles ou le gras. Les poissons sont une source de nourriture importante pour les oiseaux, les mammifères et les humains. Les charges corporelles de cadmium constituent donc de bons indicateurs de l'exposition par voie alimentaire et des effets nocifs potentiels qui y sont associés.

3.2.2 Sédiments

Le cadmium se retrouve dans les milieux aquatiques par dépôt atmosphérique, ruissellement ou rejets industriels et s'accumule dans les sédiments en s'associant à des matières particulaires ou en précipitant. Les sédiments sont une voie d'exposition importante pour les organismes aquatiques. Leur concentration de cadmium est souvent mesurée par le prélèvement d'un échantillon des cinq premiers centimètres de sédiments ou par l'utilisation d'un outil qui recueille un échantillon transversal des sédiments sous-jacents d'une façon qui préserve les couches accumulées au fil du temps à cet endroit. Ce deuxième type d'échantillon s'appelle une carotte de sédiments. La vitesse à laquelle les sédiments s'accumulent dans une zone peut servir à estimer le moment du dépôt de chaque couche. Elle peut être très élevée dans certaines zones et très faible ailleurs, selon la provenance des sédiments et l'action des vagues ou les courants dans la zone.

Plusieurs campagnes d'échantillonnage des sédiments ont été menées au Canada depuis la fin des années 1960 dans le cadre de divers programmes de surveillance, notamment le Plan d'action Saint-Laurent, le Plan d'action des Grands Lacs et le Plan de gestion des produits chimiques. Dans le contexte du Plan de gestion des produits chimiques, les sédiments de surface sont régulièrement surveillés depuis le milieu des années 2000, surtout dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent, mais quelques prélèvements ont été faits dans les provinces de l'Atlantique et en Colombie-Britannique, entre 2011 et 2014.

Les concentrations de cadmium dans les sédiments servent d'indicateurs pour montrer les progrès vers l'atteinte de l'objectif environnemental. Les sédiments constituent des indicateurs

particulièrement utiles, parce que les carottes peuvent indiquer les anciennes concentrations de fond et que la pollution par le cadmium dans l'air, l'eau et le sol tend à s'accumuler dans les sédiments. Une diminution des concentrations de cadmium dans les sédiments représente un signe que des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental.

3.2.2.1 Recommandations pour la qualité des sédiments

Afin de protéger la vie aquatique, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a élaboré des recommandations provisoires pour la qualité des sédiments (RPQS) et des concentrations de référence produisant un effet qui peuvent servir à évaluer la mesure dans laquelle l'exposition au cadmium dans les sédiments risque d'entraîner des effets biologiques nocifs (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999). Les RPQS reposent sur le calcul de la concentration seuil produisant un effet (CSE) sur les organismes aquatiques les plus sensibles. Des effets nocifs sont rarement observés chez les organismes aquatiques lorsque les concentrations de cadmium dans les sédiments sont inférieures à cette concentration. Lorsqu'elles se situent entre celle-ci et la concentration produisant un effet probable (CEP), on s'attend à des effets nocifs occasionnels. Lorsqu'elles sont supérieures à la concentration produisant un effet probable, on s'attend à des effets biologiques nocifs fréquents.

Dans les analyses du présent rapport, on emploie surtout la concentration seuil produisant un effet et la concentration produisant un effet probable, mais on mentionne parfois d'autres concentrations de référence produisant des effets pour faciliter la visualisation des résultats (Tableau 7). Ces concentrations supplémentaires ont été définies par un groupe de travail du Plan d'action Saint-Laurent, qui comprenait des membres d'Environnement et Changement climatique Canada et du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (Environnement Canada & Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2007). Les concentrations de référence utilisées relativement au cadmium dans les sédiments d'eau douce sont les suivantes :

Tableau 7. Références pour les concentrations de cadmium dans les sédiments d'eau douce qui produisent des effets.

Concentration d'effets rares (CER) : Destinée à la surveillance des sites vulnérables et à l'alerte précoce d'une contamination potentielle. Elle entraîne rarement des effets nocifs.	0,33 µg/g
Concentration seuil produisant un effet (CSE)/recommandations provisoires pour la qualité des sédiments (RPQS) : Concentration la plus faible pour laquelle des effets nocifs sont observés.	0,60 µg/g
Concentration d'effets occasionnels (CEO) : Concentration au-delà de laquelle des effets nocifs sont prévus chez de nombreuses espèces benthiques.	1,70 µg/g
Concentration produisant un effet probable (CEP) : Concentration au-delà de laquelle des effets biologiques nocifs sont souvent observés.	3,50 µg/g
Concentration d'effets fréquents (CEF) : Concentration au-delà de laquelle des effets nocifs sont prévus pour la majorité des espèces benthiques.	12,0 µg/g

Les dépassements des recommandations pour la qualité des sédiments et des concentrations de référence serviront à évaluer si des progrès ont été faits dans la réduction des risques du cadmium pour l'environnement. Une diminution des taux de dépassement indique la réalisation de progrès.

3.2.2.2 Concentrations de cadmium au Canada et comparaisons avec les recommandations pour la qualité des sédiments

On peut constater des différences spatiales dans les concentrations de cadmium trouvées dans les régions du Pacifique, des Grands Lacs, du Saint-Laurent et de l'Atlantique d'après les programmes d'échantillonnage mentionnés plus haut (Figure 19).

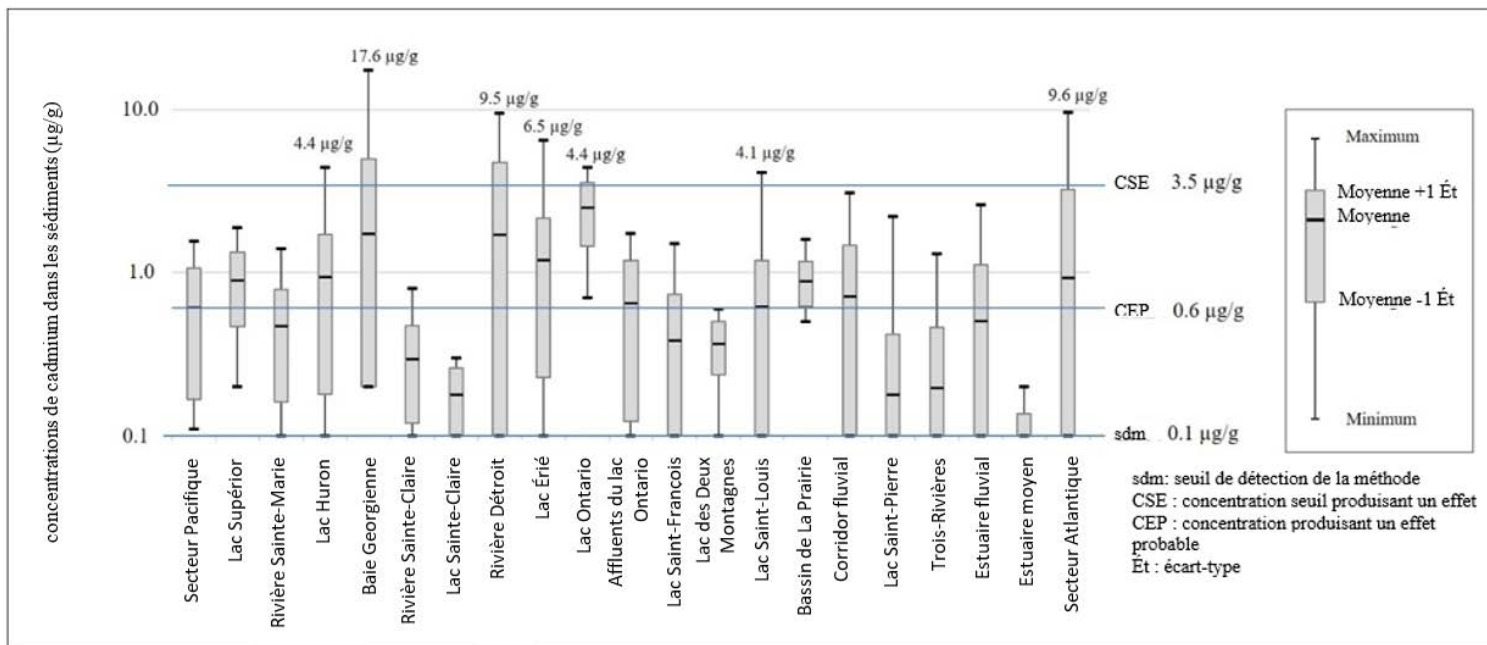


Figure 19. Répartition des concentrations de cadmium dans les sédiments de l'environnement canadien, 2008-2018.

Région du Pacifique

Dans la région du Pacifique, des échantillons de sédiments de surface et une carotte de sédiments ont été prélevés à six endroits du sud de la Colombie-Britannique entre 2011 et 2014 (

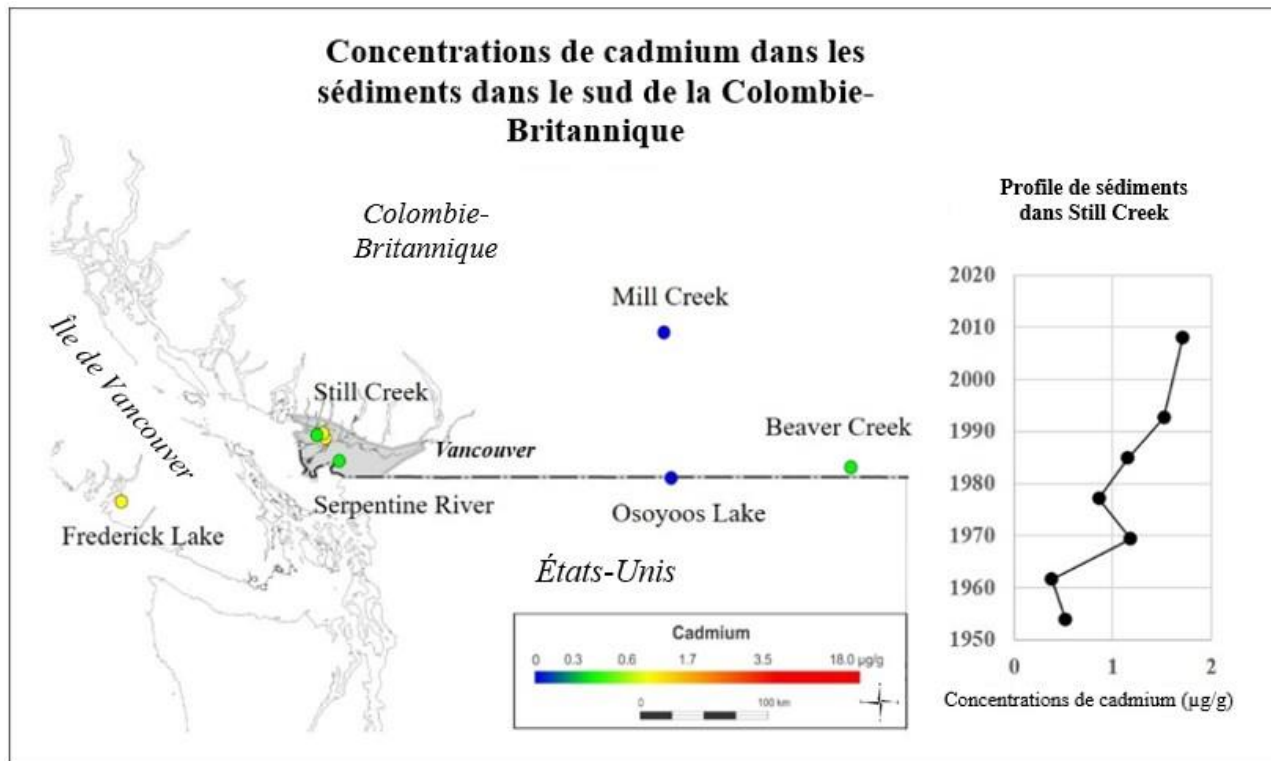


Figure 20). À quatre des six endroits, les concentrations de cadmium étaient inférieures aux recommandations provisoires pour la qualité des sédiments. Au lac Frederick et au ruisseau Still, elles dépassaient la concentration seuil produisant un effet, et atteignaient la concentration d'effets occasionnels dans quelques échantillons. En ce qui concerne le ruisseau Still, les concentrations élevées sont probablement dues aux industries situées non loin dans le parc industriel de Vancouver. La carotte de sédiments prélevée au ruisseau Still montre une augmentation progressive de la concentration de cadmium depuis les années 1960, ce qui laisse à penser qu'il existe une ou plusieurs sources actives de cadmium dans la région.

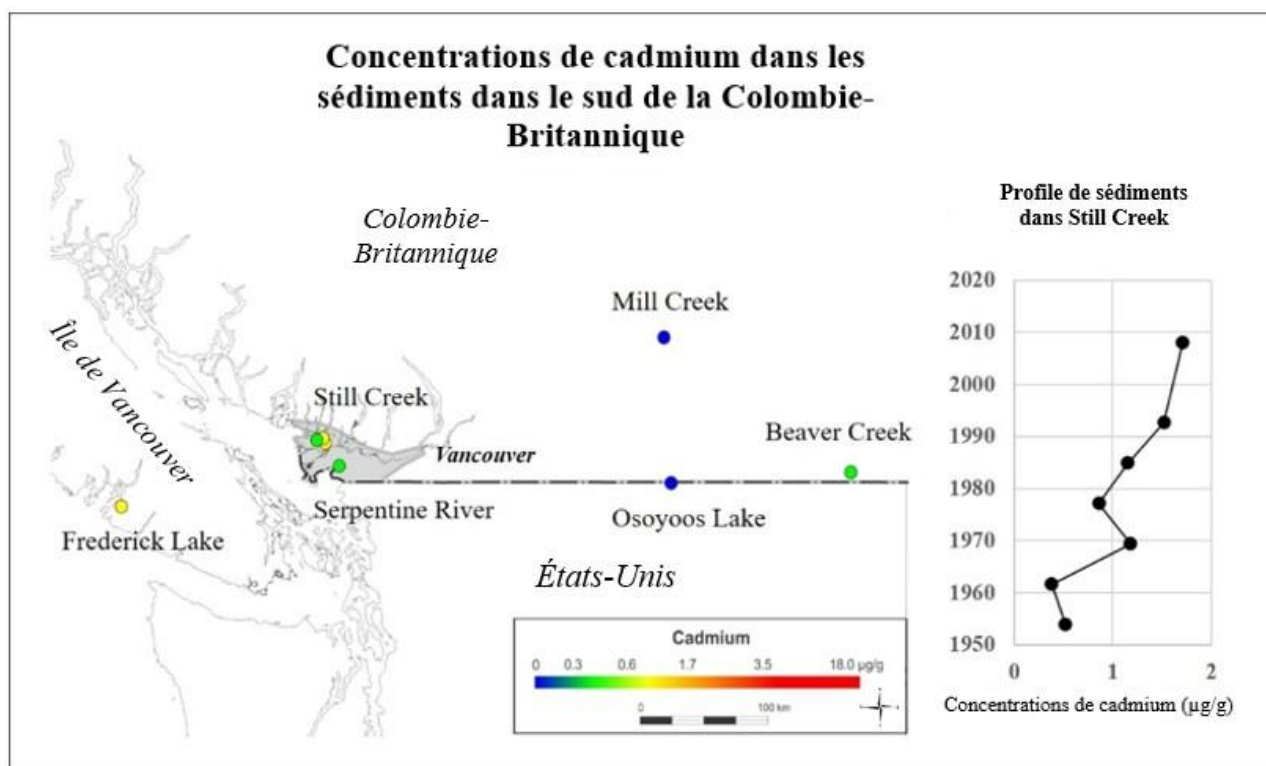


Figure 20. Concentrations de cadmium dans les sédiments recueillis entre 2011 et 2014 dans le sud de la Colombie-Britannique (la couleur des points repose sur les critères de qualité du CCME pour le cadmium).

Région des Grands Lacs

Lac Supérieur, rivière St. Mary, lac Huron et baie Georgienne

Dans le lac Supérieur, la rivière St. Mary et le lac Huron, les concentrations médianes de cadmium n'ont pas changé entre les périodes d'échantillonnage 1968-1973 et 2010-2018. En revanche, les concentrations moyennes ont réduit de 32 % dans le lac Supérieur et de 38 % dans le lac Huron. Les concentrations maximales étaient beaucoup plus élevées durant la période 1968-1973 (10,0 µg/g dans le lac Supérieur et 49,0 µg/g dans le lac Huron) que durant la période 2010-2018 (1,9 µg/g dans le lac Supérieur et 4,4 µg/g dans le lac Huron).

Dans la baie Georgienne, la concentration maximale observée a augmenté de 9,0 à 17,6 µg/g, et la concentration moyenne a crû de près de 20 %, passant de 1,49 µg/g en 1973 à 1,74 µg/g en 2017. Cette augmentation a également été observée dans les valeurs médianes, qui sont passées de 1,0 µg/g à 1,2 µg/g.

Malgré la diminution globale des concentrations moyennes à l'échelle des lacs entre les deux périodes, le pourcentage d'échantillons présentant des concentrations supérieures à la concentration seuil produisant un effet est demeuré bien au-delà de 50 % dans les lacs Supérieur et Huron. Il s'élevait à 81 %, 78 % et 86 %, respectivement, pour le lac Supérieur, le lac Huron et la baie Georgienne en 1969-1973, et à 71 %, 59 % et 85 % en 2016-2017. Pour la rivière St. Mary, il était de 24 % en 2017.

Les carottes de sédiments prélevées dans les lacs Supérieur et Huron présentent des tendances temporelles similaires des concentrations de cadmium, depuis avant la période préindustrielle (Figure 21). Ces tendances indiquent que les mesures de lutte antipollution mises en œuvre durant

les dernières décennies ont été efficaces, mais qu'il existe encore des sources actives d'apports qui empêchent les sédiments de retrouver les concentrations de cadmium préindustrielles.

L'analyse des sédiments aux embouchures de cours d'eau au nord du lac Supérieur, du lac Huron et de la baie Georgienne en 2004 et 2005 donne un aperçu des concentrations de cadmium transportées vers les Grands Lacs à partir de zones en amont (Burniston et al., 2006; Burniston & Kraft, 2008). Dans le cas du lac Supérieur, les concentrations aux embouchures étaient très faibles et pour la plupart inférieures aux seuils de détection, ce qui signifie qu'il y a peu de sources locales d'apports en cadmium à ce lac. En ce qui concerne le lac Huron, et en particulier la baie Georgienne, ces concentrations étaient détectables dans 25 % des cas, ce qui indique qu'il pourrait y avoir des sources locales d'apports le long de la rive nord de la baie Georgienne.

Ces observations laissent croire que des sources naturelles pourraient être à l'origine de 0,5 à 0,8 µg/g du cadmium trouvé dans les échantillons de sédiments du lac Supérieur, de la rivière St. Mary, du lac Huron et de la baie Georgienne. Le reste du cadmium dans un échantillon donné peut être dû au transport atmosphérique et aux sources industrielles locales encore actives, surtout dans la région de la baie Georgienne. Ces apports pourraient représenter environ 0,2 à 0,5 µg/g du cadmium dans un échantillon des lacs Supérieur et Huron, et 0,5 à 1,0 µg/g dans un échantillon de la baie Georgienne.

Les sédiments s'accumulent très lentement au fond des lacs Supérieur et Huron (Burniston, non publié). Les échantillons d'un centimètre d'épaisseur de sédiments représentent 25 années d'histoire du lac Supérieur, ce qui complique l'estimation des conditions actuelles et du degré de rétablissement de l'écosystème. De plus, les rejets des sources industrielles locales contribuent aux concentrations de cadmium dans la région, mais ils sont moins importants que les apports naturels et atmosphériques (Kemp et al., 1978). La diminution des concentrations moyennes et maximales de cadmium observées dans les sédiments indique une amélioration progressive de la qualité des sédiments, qui semble être liée à la diminution de la production et de l'utilisation de métaux au Canada au cours des 40 à 50 dernières années (Belzile et al., 2004). La diminution du pourcentage d'échantillons dont la concentration dépasse la concentration seuil produisant un effet montre aussi la réalisation de progrès dans la réduction des risques du cadmium pour l'environnement dans ces régions. Cependant, les taux de dépassement sont encore élevés et se sont accrus dans certaines régions.

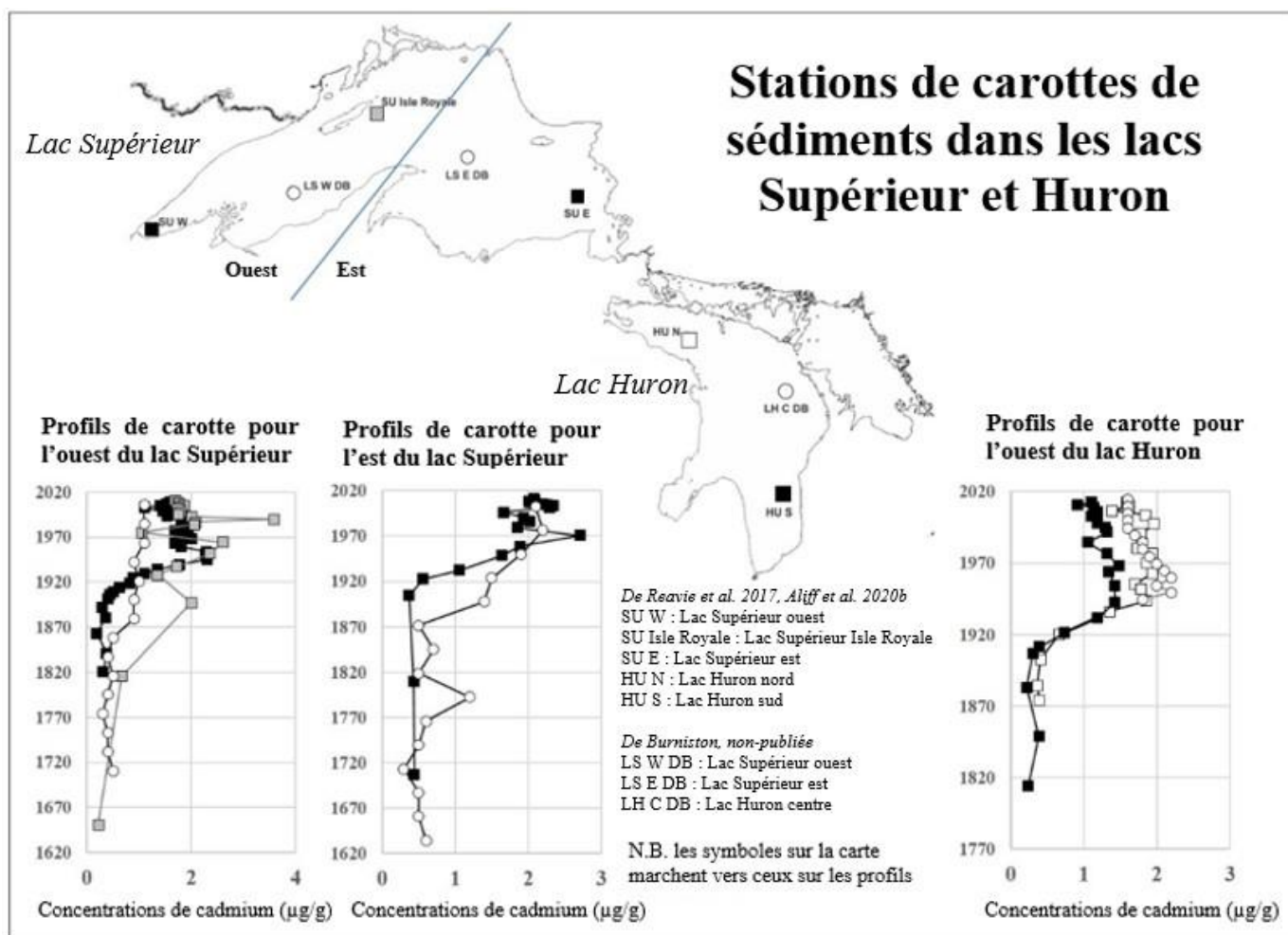


Figure 21. Concentrations de cadmium mesurées dans des carottes de sédiments prélevées dans les lacs Supérieur et Huron entre 2007 et 2018 (Aliff et al., 2020; Burniston, non publié; Reavie et al., 2005, 2017).

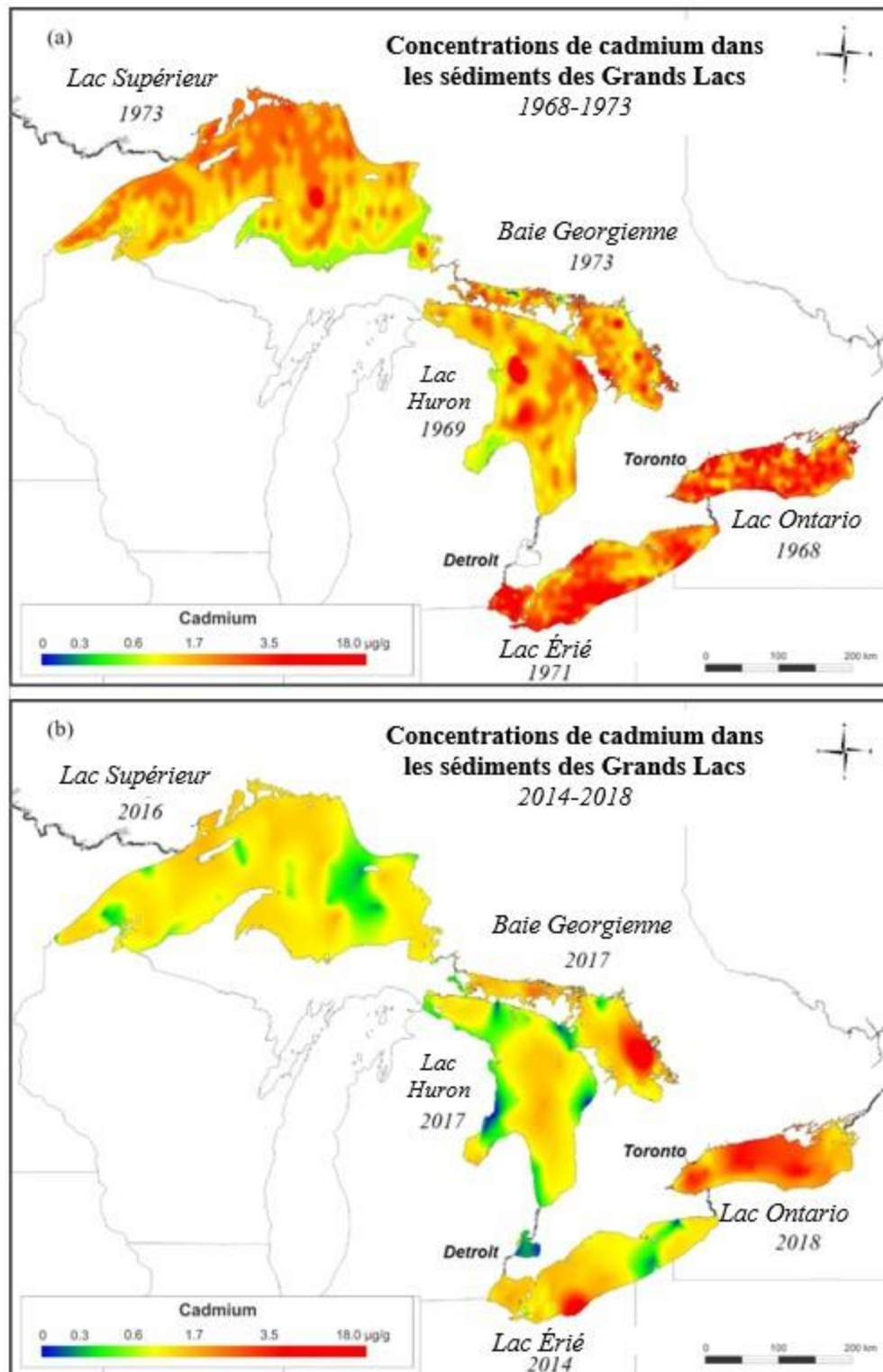


Figure 22. Concentrations de cadmium dans les sédiments des Grands Lacs lors des campagnes d'échantillonnage de 1968-1973 (a) et de 2014-2018 (b).

Lac Érié, rivière Sainte-Claire, lac Sainte-Claire et rivière Détroit

Dans le lac Érié, les concentrations moyennes et médianes de cadmium ont diminué d'environ 50 % entre 1971 et 2014 (Figure 22). Elles sont plus élevées dans l'ouest que dans l'est du lac (Figure 22). En 1971, la concentration la plus élevée a été obtenue à l'embouchure de la rivière Détroit, où elle était de 11,0 µg/g (Kemp & Thomas, 1976). En 2014, 2 échantillons (sur 10), recueillis près de Détroit, dans la rivière Détroit, dépassaient la concentration produisant un effet probable, ayant des concentrations de 4,4 µg/g et de 9,5 µg/g.

L'est du lac Érié semble bien moins touché par la contamination par le cadmium. Cette situation pourrait être due au dépôt des particules en suspension dans le centre du lac avant qu'elles n'atteignent la partie est du lac. Les concentrations actuelles de cadmium à la surface sont d'environ 0,7 µg/g dans la partie est et de 1,4 à 1,7 µg/g dans les parties ouest et centrale, respectivement. Le pourcentage d'échantillons dont la concentration dépassait la concentration seuil produisant un effet pour l'ensemble du lac s'élevait à 77 % en 2014, soit près de 20 % de moins qu'en 1971. Seulement 2 % des échantillons (1 sur 44) avaient une concentration supérieure à la concentration produisant un effet probable en 2014, comparativement à plus de 20 % des échantillons (52 sur 259) en 1971.

Des scientifiques ont tenté d'estimer les valeurs préindustrielles du cadmium dans les sédiments de l'ensemble du lac Érié. Les rapports indiquent des valeurs possibles entre 0,1 et 1,7 µg/g (Kemp et al., 1976; Mudroch et al., 1988; Yuan, 2017), et une concentration moyenne entre 0,14 (Förstner, 1976) et 1,12 µg/g (Kemp & Thomas, 1976). Toutefois, étant donné le grand écart entre les rapports de ces scientifiques et d'autres rapports, il est probable que les concentrations préindustrielles de cadmium dans le lac Érié variaient selon le lieu échantillonné. Par conséquent, il est impossible d'établir une concentration de fond représentative pour l'ensemble du bassin à l'aide des données actuellement disponibles.

L'apport atmosphérique pourrait être à l'origine d'au plus 70 % de la concentration de cadmium dans les sédiments des lacs Ontario et Érié (Coale & Flegal, 1989; Nriagu, 1986), mais ce chiffre pourrait être surestimé (Gatz et al., 1989). L'apport atmosphérique semble avoir augmenté rapidement jusqu'aux années 1950 (Coale & Flegal, 1989; Nriagu, 1986; Yuan et al., 2014), probablement en raison de l'utilisation de combustibles fossiles, laquelle est présumée responsable de la plus grande partie des concentrations de cadmium dans le lac jusqu'à cette décennie (Förstner, 1976).

Dans l'ensemble, les résultats relatifs au lac Érié montrent une diminution claire des concentrations de cadmium dans l'ensemble du lac au cours des 40 dernières années (Figure 23). Ces concentrations ont diminué d'environ 50 %, bien qu'elles demeurent supérieures à la concentration seuil produisant un effet établie pour la protection des espèces sauvages aquatiques dans un grand nombre (70 %) des sédiments de surface. La baie de Cleveland est encore fortement touchée par la contamination par le cadmium.

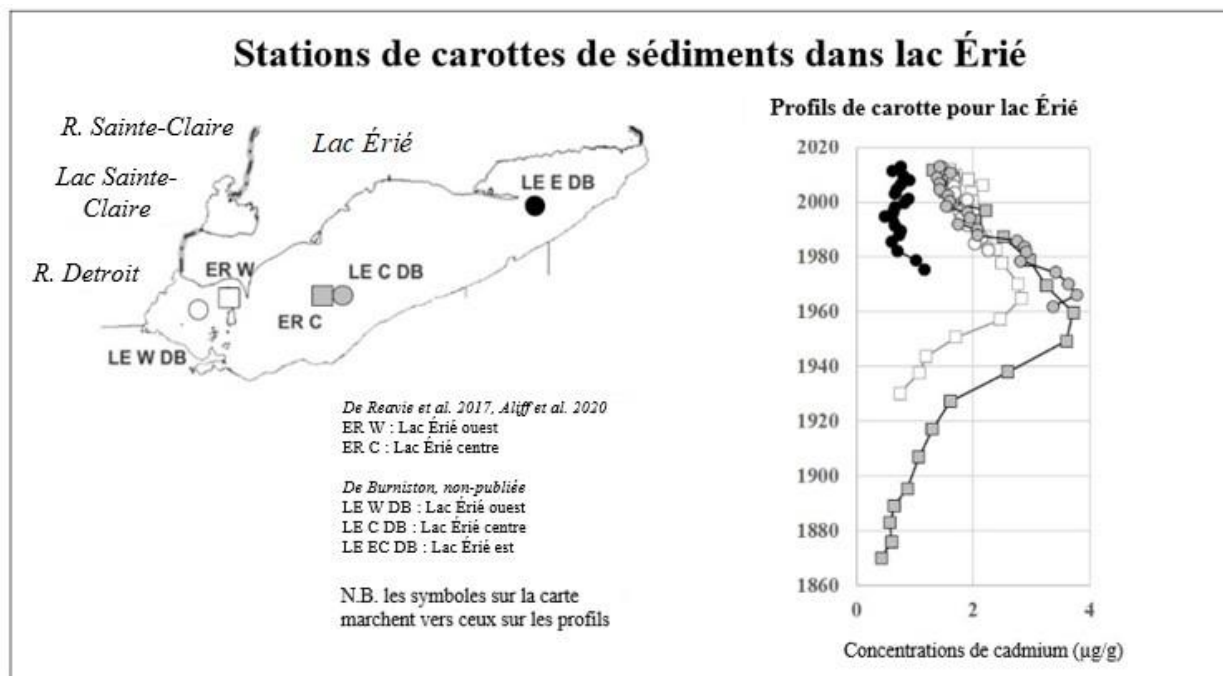


Figure 23. Concentrations de cadmium mesurées dans les carottes de sédiments prélevées dans le lac Érié entre 2007 et 2018 (Aliff et al., 2020; Burniston, non publié; Reavie et al., 2017).

Lac Ontario

La concentration moyenne de cadmium observée en 2018 s'élève à 2,50 µg/g (médiane = 2,0 µg/g) et est semblable à la moyenne de 2,54 µg/g (médiane = 2,6 µg/g) signalée en 1968 (Kemp & Thomas, 1976) (Figure 22). En 2018, tous les échantillons (100 %) avaient des concentrations supérieures à la concentration seuil produisant un effet, tandis qu'en 1968 et 1998, c'était 95 % et 76 % des échantillons, respectivement. Cependant, la concentration maximale est beaucoup plus basse en 2018 (4,4 µg/g) qu'en 1968 (21,0 µg/g) et 1998 (5,8 µg/g).

Le lac Ontario est le Grand Lac le plus en aval et reçoit des apports de tous les Grands Lacs en amont en plus de son bassin versant. En 2002, 69 % des sédiments de 218 rivières et ruisseaux s'écoulant dans le lac Ontario présentaient des concentrations supérieures à la concentration seuil produisant un effet, et 3 échantillons (1,4 %), des concentrations supérieures à la concentration produisant un effet probable. La concentration moyenne de tous ces sédiments était de 0,94 µg/g (Dove et al., 2003, 2004).

Une quantité importante du cadmium dans le lac Ontario provient de la rivière Niagara, qui a été fortement industrialisée pendant la dernière guerre mondiale. Les rivières Oswego et Genesee ainsi que le corridor urbanisé Toronto-Kingston sont également des sources de cadmium pour le lac (Aliff et al., 2020; Thomas, 1983). Selon Nriagu (1986), le dépôt atmosphérique est responsable de 60 % de l'apport en cadmium dans le lac (Aliff et al., 2020; Thomas, 1983).

Les carottes de sédiments indiquent une augmentation globale des concentrations de cadmium à partir des années 1930, puis une diminution entre 1970 et 1999 (Figure 24). Il semble que les affluents, en particulier la rivière Niagara et les zones industrialisées et urbanisées des environs, transportent le cadmium vers le lac Ontario à des concentrations qui dépassent la concentration seuil produisant un effet. Les concentrations à la surface sont presque identiques à celles de 1968

et demeurent supérieures aux concentrations préindustrielles. Ces résultats suggèrent qu'il existe encore quelques sources actives de pollution par le cadmium, d'autant plus que les concentrations semblent augmenter depuis le début des années 2000.

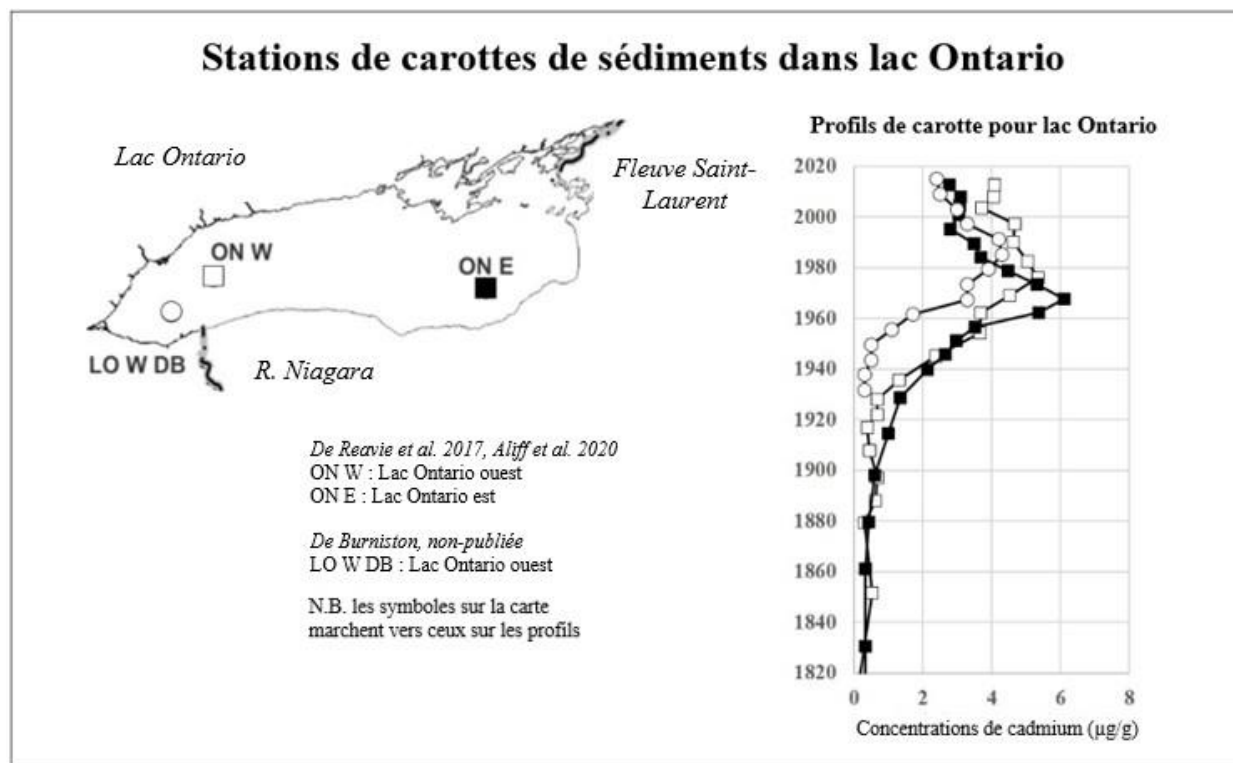


Figure 24. Concentrations de cadmium mesurées dans les carottes de sédiments prélevées dans le lac Ontario entre 2007 et 2018.

Fleuve Saint-Laurent

Moins de 3 % des matières particulaires en suspension transportées par les eaux fluviales proviennent du lac Ontario (Rondeau et al., 2000), ce qui semble indiquer que la contamination par le cadmium des sédiments du fleuve provient de sources locales et est très peu liée aux Grands Lacs. Le fleuve a été divisé en plusieurs secteurs pour mieux illustrer les données.

Cours supérieur du Saint-Laurent

Le secteur du cours supérieur du Saint-Laurent comprend le territoire entre Cornwall et Montréal ainsi que le lac des Deux-Montagnes situé au confluent de la rivière des Outaouais et du fleuve (Figure 25). Il faut noter que la partie nord du lac Saint-Louis reçoit des eaux turbides de la rivière des Outaouais, qui s'écoule en partie entre les roches du Bouclier canadien contenant des concentrations plus élevées de cadmium. Les concentrations moyennes de cadmium dans les sédiments de surface étaient de 0,39 µg/g dans le lac Saint-François, de 0,62 µg/g dans le lac Saint-Louis et de 0,37 µg/g dans le lac des Deux-Montagnes entre 2008 et 2018. Le pourcentage d'échantillons dont les concentrations dépassaient la concentration seuil produisant un effet s'élevait à 29 % pour le lac Saint-François, à 54 % pour le lac Saint-Louis et à 9 % pour le lac des

Deux-Montagnes. Un pour cent des échantillons (1/85) du lac Saint-Louis présentaient une concentration supérieure à la concentration produisant un effet probable.

La concentration maximale de cadmium dans le cours supérieur du Saint-Laurent a été observée dans le lac Saint-Louis, près de la zone industrielle de Beauharnois. Des échantillons supplémentaires prélevés dans les sédiments de surface près de cette zone à des fins de surveillance avaient des concentrations de cadmium de 9,2 et 25,8 µg/g. Une fonderie a été en activité dans cette zone de 1940 à 1990 (Pelletier, 2009, 2019). La concentration moyenne de cadmium dans les sédiments du lac Saint-Louis a diminué d'environ¹² 71 %, et la concentration médiane, d'environ 45 %, entre 1985 et 2015 (Pelletier, 2009, 2019).

Les concentrations moyennes de cadmium dans le lac Saint-François ont diminué de 28 % entre 1989 et 2018, et les concentrations médianes, de 40 % (Pelletier, 2010, 2020). Le lac n'a pas été beaucoup contaminé dans le passé, puisque les valeurs maximales mesurées ne dépassaient pas 2,0 µg/g.

Dans le cours supérieur du Saint-Laurent, c'est le lac Saint-Louis qui est le lac ayant été le plus touché par la contamination par le cadmium au milieu du siècle dernier. Les concentrations de cadmium mesurées dans le cours supérieur du Saint-Laurent semblent correspondre à des concentrations ambiantes résiduelles d'un passé très industriel (Environnement Canada & Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2007). Les concentrations élevées sont liées aux industries locales, qui ont pour la plupart fermé ou apporté des changements importants à leurs procédés industriels. Les concentrations moyennes actuelles sont inférieures à la concentration seuil produisant un effet ou près de celle-ci.

¹² Les concentrations de cadmium en 1985 doivent être considérées comme des concentrations de cadmium total et peuvent être légèrement supérieures à celles qu'une analyse du cadmium récupérable total pourrait déterminer. Le taux de déclin pourrait donc être surestimé.

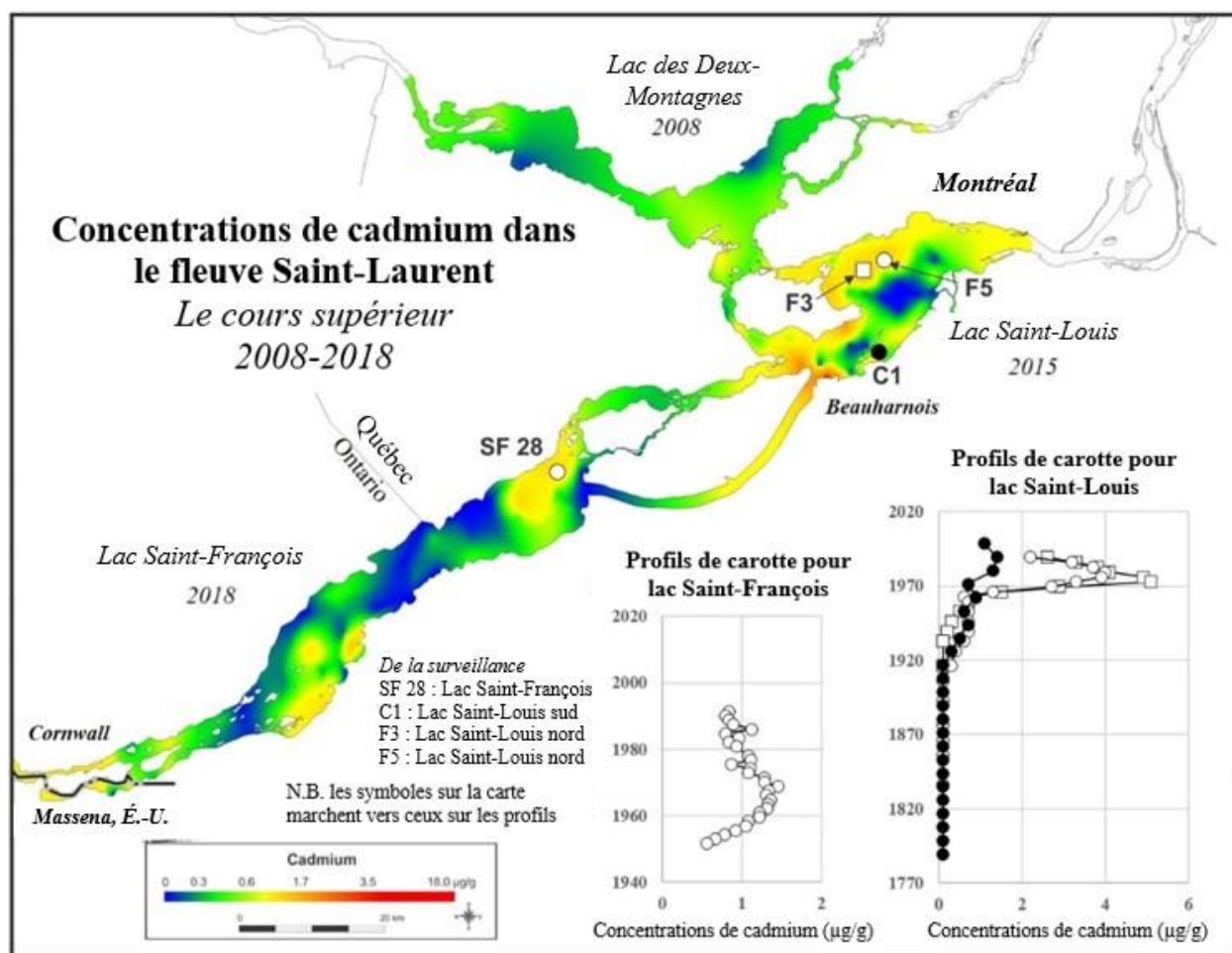


Figure 25. Concentrations de cadmium dans les sédiments et les carottes de sédiments prélevés dans le cours supérieur du Saint-Laurent pendant les campagnes d'échantillonnage menées entre 2008 et 2018.

Corridor fluvial

Le corridor fluvial est le secteur du fleuve compris entre l'embouchure du lac Saint-Louis et l'embouchure du Saint-Pierre (Figure 26). Les concentrations moyenne et médiane de cadmium dans le bassin de La Prairie étaient de 0,89 µg/g et de 0,8 µg/g en 2014, ce qui représente une diminution de 67 % (moyenne) et de 28 % (médiane) depuis 1987. Cette diminution est très semblable à celle observée dans le lac Saint-Louis, duquel le bassin reçoit son eau. Tous les échantillons sauf deux présentaient des concentrations supérieures à la concentration seuil produisant un effet, et la concentration maximale s'élevait à 1,6 µg/g. Si l'on examine aussi les résultats de l'échantillonnage pour d'autres contaminants, il semble que ce secteur est surtout touché par des rejets urbains qui n'ont pas encore été déterminés.

La situation diffère pour le reste du corridor fluvial. Les concentrations y sont généralement inférieures à la concentration seuil produisant un effet, sauf dans le secteur de Contrecoeur, qui accueille plusieurs industries, notamment une aluminerie.

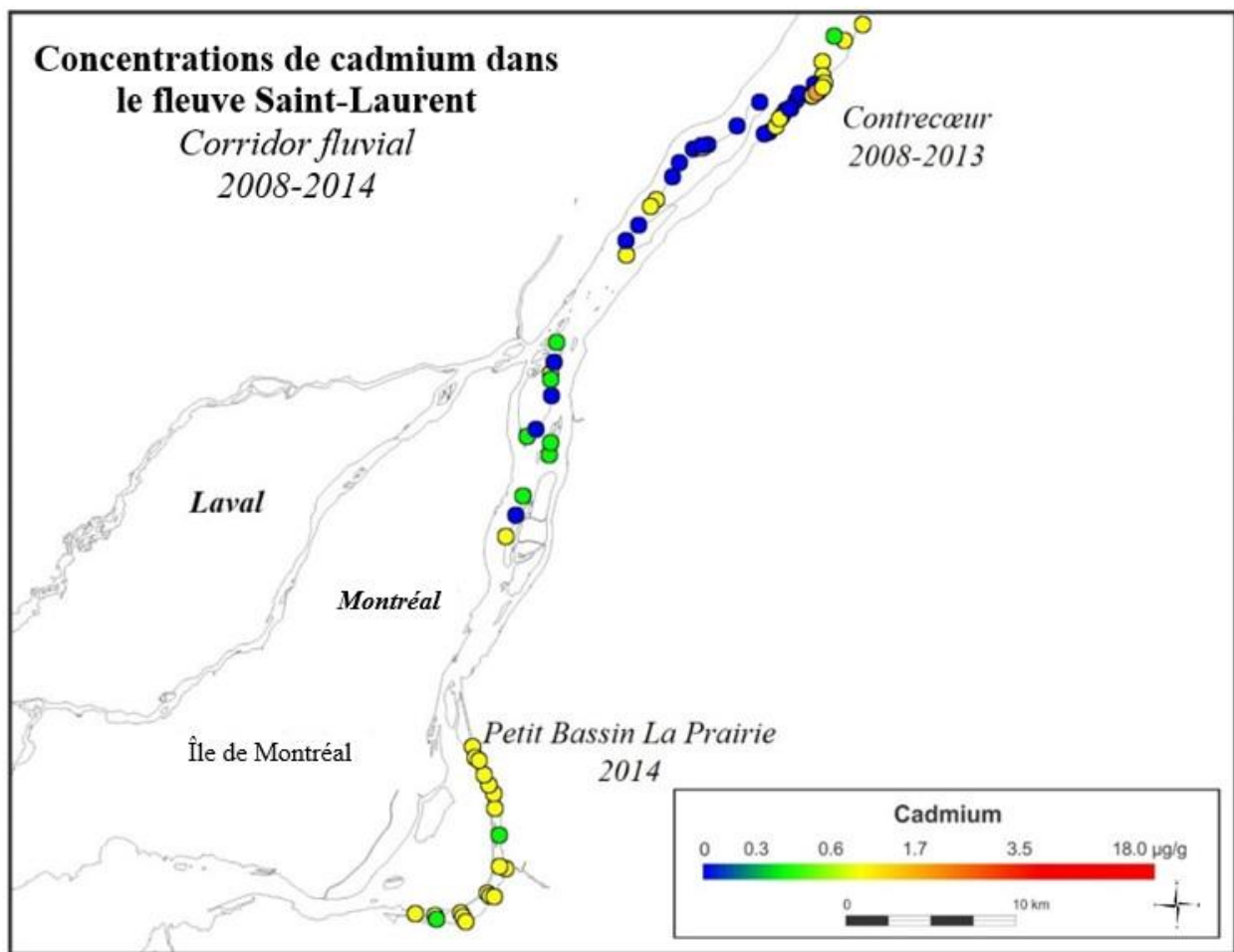


Figure 26. Concentrations de cadmium dans les sédiments du corridor fluvial d'après les campagnes d'échantillonnage menées entre 2008 et 2014.

Lac Saint-Pierre

Le lac Saint-Pierre est le dernier lac avant l'estuaire du Saint-Laurent. Ses eaux sont peu profondes de chaque côté du chenal maritime en son centre. Les concentrations de cadmium dans ses sédiments n'ont jamais soulevé de préoccupations pour l'environnement. Les concentrations moyenne et médiane étaient plus faibles en 2013 (0,18 µg/g et 0,1 µg/g) qu'en 1986 (0,56 µg/g et < 1 µg/g) (Figure 27). Cela dit, en amont du lac, 6 % des échantillons avaient des concentrations dépassant la concentration seuil produisant un effet.

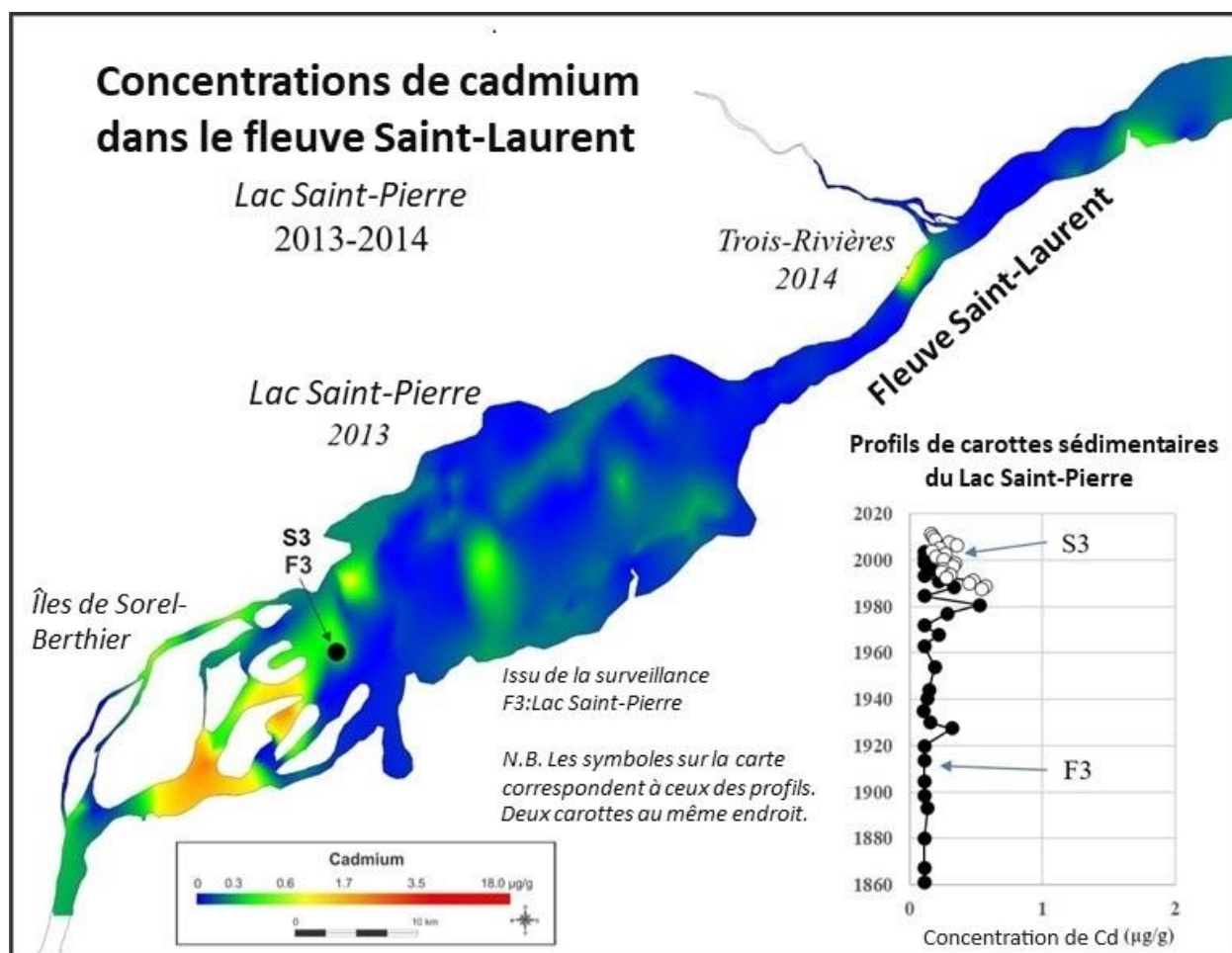


Figure 27. Concentrations de cadmium dans les sédiments et les carottes de sédiments du lac Saint-Pierre prélevés durant les campagnes d'échantillonnage de 2013 et 2014.

Estuaire

L'estuaire compte très peu de zones de sédimentation, sauf le long des rives abritées du courant ou dans les enceintes portuaires comme les ports de Trois-Rivières et de Québec. Il est soumis aux effets des marées, et les courants sont relativement forts sur toute sa longueur.

La concentration moyenne de 0,2 µg/g (médiane de 0,1 µg/g) n'a à peu près pas changé au cours des 30 dernières années, sauf en ce qui concerne la contamination associée au transport et à l'expédition maritime de marchandises dans les ports de Trois-Rivières et de Québec, où les concentrations de cadmium sont faibles. Dans l'estuaire moyen et le fjord du Saguenay, les valeurs moyennes et médianes globales étaient inférieures à 0,1 µg/g (Lebeuf, 2009), et donc inférieures à la valeur préindustrielle de 0,2 µg/g (Gobeil et al., 1987).

Les concentrations maximales de cadmium mesurées en 2016 dans le port de Trois-Rivières ressemblaient à celles obtenues en 1989 (G.D.G. Environnement Ltée, 1990) et ne dépassaient pas 1,3 µg/g. Cependant, la concentration seuil produisant un effet était dépassée dans 12 % des échantillons (6/52).

En 1989, la région de Québec présentait une très forte contamination par le cadmium des sédiments de surface, dont la concentration atteignait 37 µg/g, et une concentration moyenne régionale de

2,29 µg/g (médiane de 1,4 µg/g). Plus de 98 % des échantillons avaient une concentration supérieure à la concentration seuil produisant un effet, et 16 %, une concentration supérieure à la concentration produisant un effet probable (Procéan Inc, 1990). En 2012, la situation s'était grandement améliorée, puisqu'une diminution de 78 % des concentrations dans les sédiments de surface a été observée dans l'ensemble du secteur (Pelletier & Blais, 2018). La concentration maximale était de 2,60 µg/g avec une moyenne globale de 0,51 µg/g (médiane de 0,3 µg/g). Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées dans le port de Québec, où elles dépassaient la concentration seuil produisant un effet dans plus de 90 % des échantillons. Ces concentrations sont probablement liées à l'expédition maritime et au transport de minerais.

Région de l'Atlantique

Des échantillons de sédiments de surface et une carotte de sédiments ont été prélevés dans la région de l'Atlantique entre 2011 et 2014. La concentration moyenne globale de la région s'élevait à 0,93 µg/g (médiane de 0,2 µg/g) et était fortement influencée par une concentration maximale de 9,6 µg/g mesurée à la station de Grand Lac, au Nouveau-Brunswick. Si l'on retire cette valeur des calculs, on obtient une moyenne réduite à 0,39 µg/g pour la région de l'Atlantique, ce qui est inférieur à la concentration seuil produisant un effet. Des concentrations élevées de cadmium ont été mesurées à la station Grand Lac, située dans la rivière Salmon près de Chipman (Figure 28). Pendant plus de 350 ans, cette zone a été le site d'une mine de charbon, dont l'exploitation a cessé. Étant donné que les résidus liés au charbon peuvent contenir du cadmium et plusieurs autres métaux, les fortes concentrations mesurées dans le secteur se rapportent possiblement à cette activité. La contamination semble localisée, car en aval du Grand Lac, les concentrations de cadmium se situaient entre 0,3 et 1,0 µg/g (Lalonde et al., 2011). La carotte de sédiments de la rivière Saint-Jean montre que les concentrations de cadmium sont restées à peu près identiques depuis les années 1950.

Les autres échantillons contenant des concentrations de cadmium supérieures à la concentration seuil produisant un effet ont été recueillis au lac Banook, en Nouvelle-Écosse, et atteignaient 1,6 µg/g en 2012 et 2,1 µg/g en 2014. Le lac Banook se trouve au cœur de la ville de Dartmouth et ne reçoit pas de rejets industriels ni d'eaux usées. Il s'agit d'un important site de loisirs aquatiques qui accueille plusieurs compétitions annuelles régionales, nationales et internationales de pagayage. Malgré une urbanisation importante dans la dernière partie du 20^e siècle, son eau est relativement propre. Toutefois, il présente parfois des proliférations d'algues en été et reçoit régulièrement l'eau de pluie excédentaire des collines qui l'entourent (C. Garron & B. Lalonde, communication personnelle, s.d.). Il est difficile d'expliquer les concentrations élevées de cadmium dans ce lac.

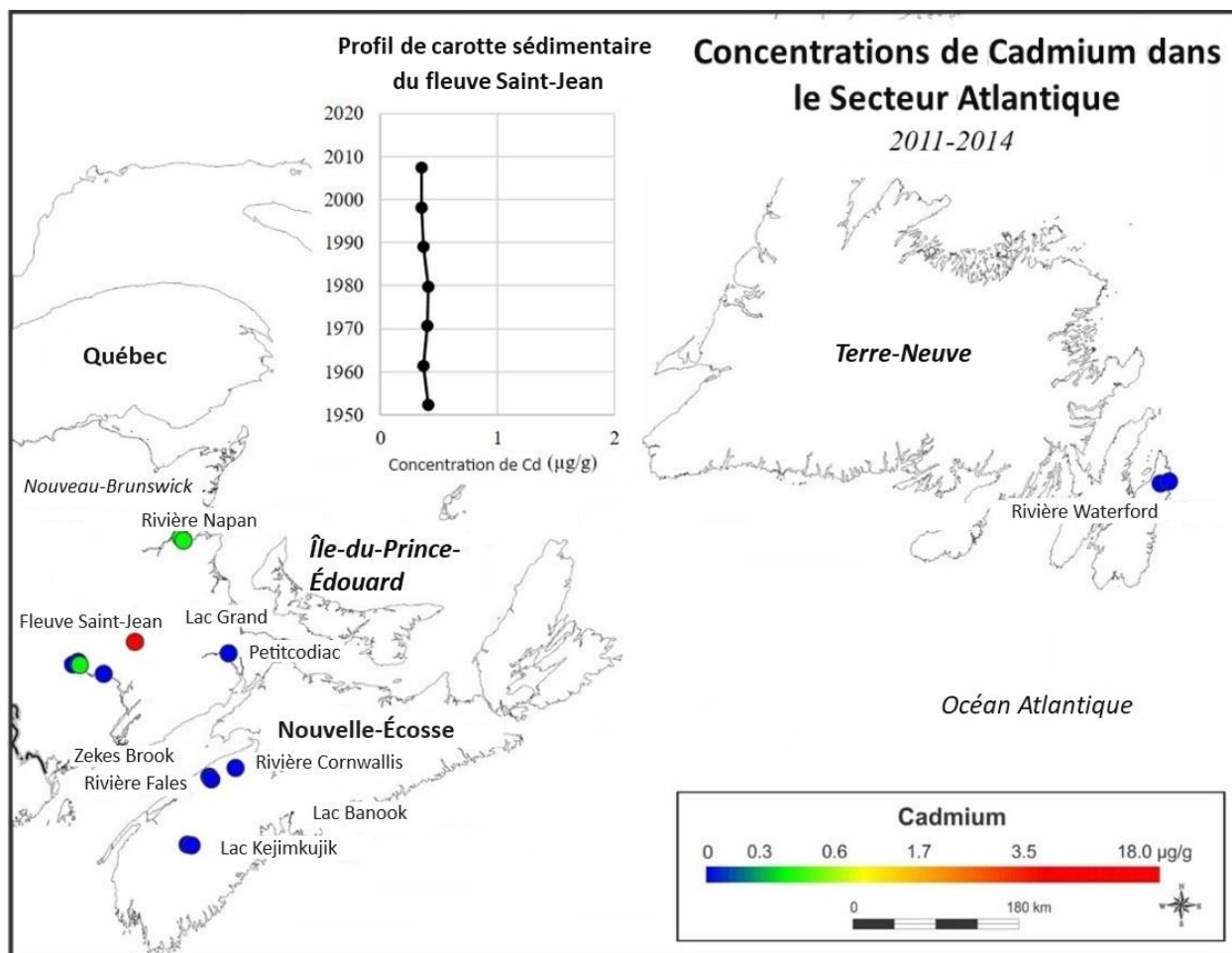


Figure 28. Concentrations de cadmium dans les sédiments et une carotte de sédiments prélevés dans la région de l'Atlantique entre 2011 et 2014.

Par ailleurs, des concentrations de cadmium au Canada atlantique sont mentionnées dans la littérature. Des concentrations supérieures à la concentration produisant un effet probable et à la concentration seuil produisant un effet ont été relevées à des ports pour petits bateaux un peu partout en Nouvelle-Écosse (Zhang et al., 2019). Sur les 31 ports examinés, la contamination par le cadmium était modérée dans 15 ports et grave dans 3 ports.

3.2.3 Eaux de surface

Le cadmium entre dans les rivières, les lacs et les ruisseaux de façon directe, par les rejets des installations industrielles et des eaux usées municipales, et de façon indirecte, par le dépôt atmosphérique. Comme il se dissout très facilement dans l'eau, il importe d'en mesurer et surveiller la concentration dans l'eau pour évaluer si les efforts déployés par le gouvernement afin de réduire la pollution par le cadmium ont été efficaces et si les risques pour la vie aquatique sont encore présents ou ont été atténués. La diminution des concentrations de cadmium indique que des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental.

Environnement et Changement climatique Canada surveille les métaux dans les eaux de surface canadiennes depuis 1986. La *Loi sur les ressources en eau du Canada* exige que le gouvernement du Canada, en coordination avec les provinces, surveille la qualité de l'eau pour déterminer l'état et les tendances de celle-ci au pays. Les principaux paramètres de qualité de l'eau examinés dans le

cadre du programme sont la température, l'acidité, la dureté, la salinité, la turbidité, les nutriments et les métaux. Le cadmium dans les eaux de surface est surveillé depuis le début du programme.

La surveillance de la qualité des eaux de surface du Canada peut être divisée en trois catégories distinctes en fonction des différences dans l'environnement physique et des priorités du programme (Figure 29) :

1) **Cours d'eau intérieurs** : Les 220 sites de ce réseau à long terme présentent diverses utilisations des terres et un éventail de types et de degrés de stress exercés sur la qualité de l'eau. Ils sont de taille variable et comprennent des eaux transfrontalières, des sites de référence non touchés, des sites urbains et des sites considérés comme exposés à un risque élevé de dégradation de la qualité de l'eau. Ils sont surveillés dans tout le pays afin que l'on puisse rendre compte de la qualité de l'eau à l'échelle nationale et déterminer les Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement (ICDE), comme l'indice de la qualité des eaux (IQE).

2) **Voies interlacustres des Grands Lacs** : Étant en un sens de grandes rivières, les voies de communication des Grands Lacs se caractérisent par des débits très importants ($> 3\,500\text{ m}^3/\text{s}$) et sont fortement influencées par la qualité de l'eau du lac en amont. De plus, les voies interlacustres constituent des couloirs de transport essentiels pour les marchandises et les matériaux entre les Grands Lacs, et leurs rives sont grandement industrialisées, surtout celles des rivières Niagara et Détroit. Les programmes de surveillance des voies interlacustres ont été établis dans le but de comparer les concentrations de contaminants qui quittent un lac pour entrer dans le lac suivant (c'est-à-dire d'amont en aval) afin de caractériser et de mesurer les substances chimiques toxiques pénétrant dans les Grands Lacs à partir de ces zones industrielles.

3) **Eaux libres des Grands Lacs** : Étant donné la grande taille et la grande profondeur des Grands Lacs, la surveillance de la qualité de l'eau au large de leurs côtes s'apparente davantage à l'océanographie. En général, la qualité de l'eau est contrôlée chaque année, au printemps et à l'automne, à partir d'un grand navire de recherche dans deux des Grands Lacs canadiens. Comme elles sont réalisées dans des voies navigables binationales, les activités de surveillance dans les Grands Lacs et les voies interlacustres sont coordonnées avec les États-Unis dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

En plus des sites de surveillance à long terme, il existe plusieurs centaines de sites où les métaux sont contrôlés pendant de plus courtes périodes, dont certains sont associés à des sources ponctuelles de rejets comme les exploitations minières, les centrales électriques, les fonderies et d'autres sources industrielles. Ces ensembles de données à court terme n'ont pas été intégrés à l'analyse, parce que les sources ponctuelles ou les données ponctuelles ne représentent pas nécessairement la situation actuelle au Canada, en particulier lorsque des industries ferment ou sont réorganisées, et parce que les ensembles de données à court terme ne suffisent pas pour procéder à des analyses des tendances temporelles.

En raison de changements et d'améliorations des méthodes d'analyse des métaux, le seuil de détection du cadmium dans les eaux de surface a considérablement diminué avec le temps. Des changements majeurs apportés en 2003 ont donné lieu à une amélioration notable, faisant passer le seuil de détection de 0,1 ou 1 $\mu\text{g/L}$ à 0,001 $\mu\text{g/L}$. La plupart des mesures faites sur des échantillons antérieurs à 2004 n'ont pas été intégrées à l'analyse dans la présente section, parce que les seuils

de détection étaient égaux ou supérieurs à 0,1 µg/L et que ces mesures ne sont pas comparables à celles faites sur des échantillons analysés à l'aide de la nouvelle méthode analytique.

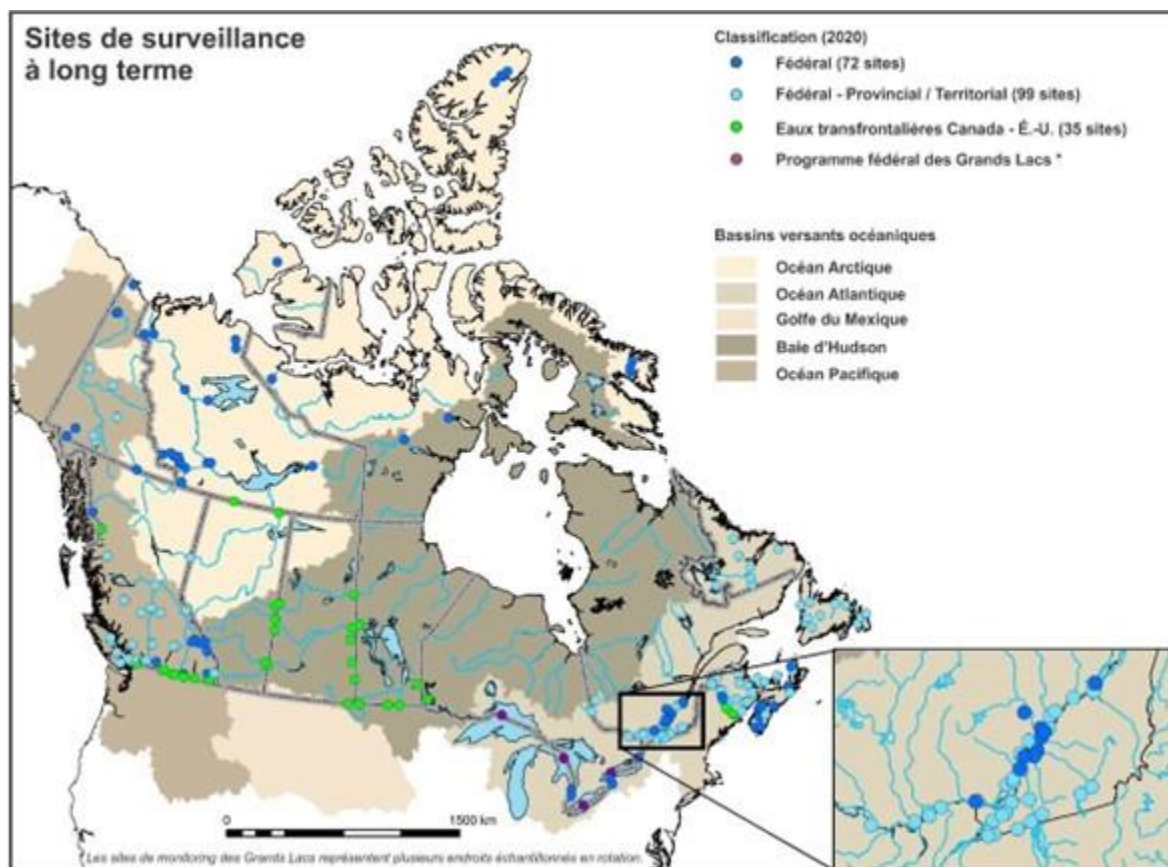


Figure 29. Sites de surveillance de la qualité de l'eau à long terme.

3.2.3.1 Recommandations pour la qualité de l'environnement visant la protection de la vie aquatique

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement a rédigé des recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement qui visent la protection de la vie aquatique dans l'eau douce. La recommandation relative aux eaux de surface dépend de la dureté, qui est un facteur modifiant la toxicité du cadmium (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2014). Pour l'exposition à long terme, la recommandation est 0,04 µg/L lorsque les valeurs de dureté sont inférieures à 17 mg CaCO₃/L, et 0,37 µg/L lorsqu'elles sont supérieures à 280 mg CaCO₃/L. Lorsque la dureté se situe entre 17 et 280 mg CaCO₃/L, la valeur de la recommandation se calcule de la manière suivante :

$$\text{Recommandation (}\mu\text{g/L)} = 10^{[0,83(\log[\text{dureté}]) - 2,46]}$$

Dans le contexte des recommandations relatives à l'exposition à long terme, des valeurs de références dans l'écosystème aquatique sont déterminées aux fins de la protection de toutes les formes de vie aquatique contre une période d'exposition indéfinie. Des valeurs de référence

relatives à l'exposition à court terme sont également établies à l'aide de données sur les effets graves, tels que la létalité, pour des périodes définies (24 à 96 heures). Ces valeurs n'indiquent pas les concentrations permettant de protéger l'environnement aquatique, mais donnent une idée des effets des situations graves, mais temporaires (par exemple déversements ou rejets peu fréquents).

En ce qui concerne l'exposition à court terme, la valeur de référence est 0,11 µg/L lorsque les valeurs de dureté sont inférieures à 5,3 mg CaCO₃/L, et 7,7 µg/L lorsqu'elles sont supérieures à 360 mg CaCO₃/L. Lorsque la dureté se situe entre 5,3 et 360 mg CaCO₃/L, la valeur de la référence à court terme se calcule comme suit :

$$\text{Référence (}\mu\text{g/L)} = 10^{(1,016(\log[\text{dureté}]) - 1,71)}$$

La comparaison des concentrations de cadmium dans l'eau à ces valeurs donne une idée des risques environnementaux. Si les concentrations sont supérieures aux valeurs recommandées, il pourrait y avoir un risque pour la vie aquatique. Si elles y sont inférieures, il est probable que la gestion des risques a porté fruit. Le pourcentage d'échantillons dont les concentrations dépassent les recommandations pour la qualité de l'environnement indiquera les progrès réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental. La réduction du nombre d'échantillons en cause montrera que les efforts de gestion des risques ont contribué à réduire les risques du cadmium pour l'environnement.

3.2.3.2 Répartition spatiale et tendance des concentrations de cadmium dans les eaux de surface au Canada, et comparaisons avec les recommandations pour la qualité des eaux

Les concentrations de cadmium dans les eaux de surface ont été résumées selon les zones de drainage. Ces zones sont des frontières à l'intérieur desquelles toute l'eau provenant de différentes sources s'écoule vers un même plan d'eau, généralement un grand lac ou un océan. Le Canada compte cinq grands bassins versants, nommés d'après le plan d'eau dans lequel leurs eaux se déversent : océan Atlantique, baie d'Hudson, golfe du Mexique, océan Pacifique et océan Arctique. Les concentrations totales mesurées dans les eaux de surface partout au Canada entre 2004 et 2019 variaient entre moins de 0,001 et 2,69 µg/L. Les concentrations médianes différaient entre les zones, allant de 0,009 µg/L dans la zone de drainage de l'océan Pacifique à 0,032 µg/L dans la zone de drainage de l'océan Arctique. Ces grandes zones de drainage se composent de zones plus petites appelées régions de drainage. Les valeurs médianes les plus élevées des régions de drainage se trouvent dans la région Assiniboine-Rouge (0,05 µg/L) et les régions du nord comme Bas Mackenzie (0,037 µg/L) et Paix-Athabasca (0,03 µg/L). En général, les concentrations de cadmium sont plus faibles dans les zones de drainage des océans Pacifique et Atlantique, peut-être en raison de la géologie (

Figure 30 et Figure 31).

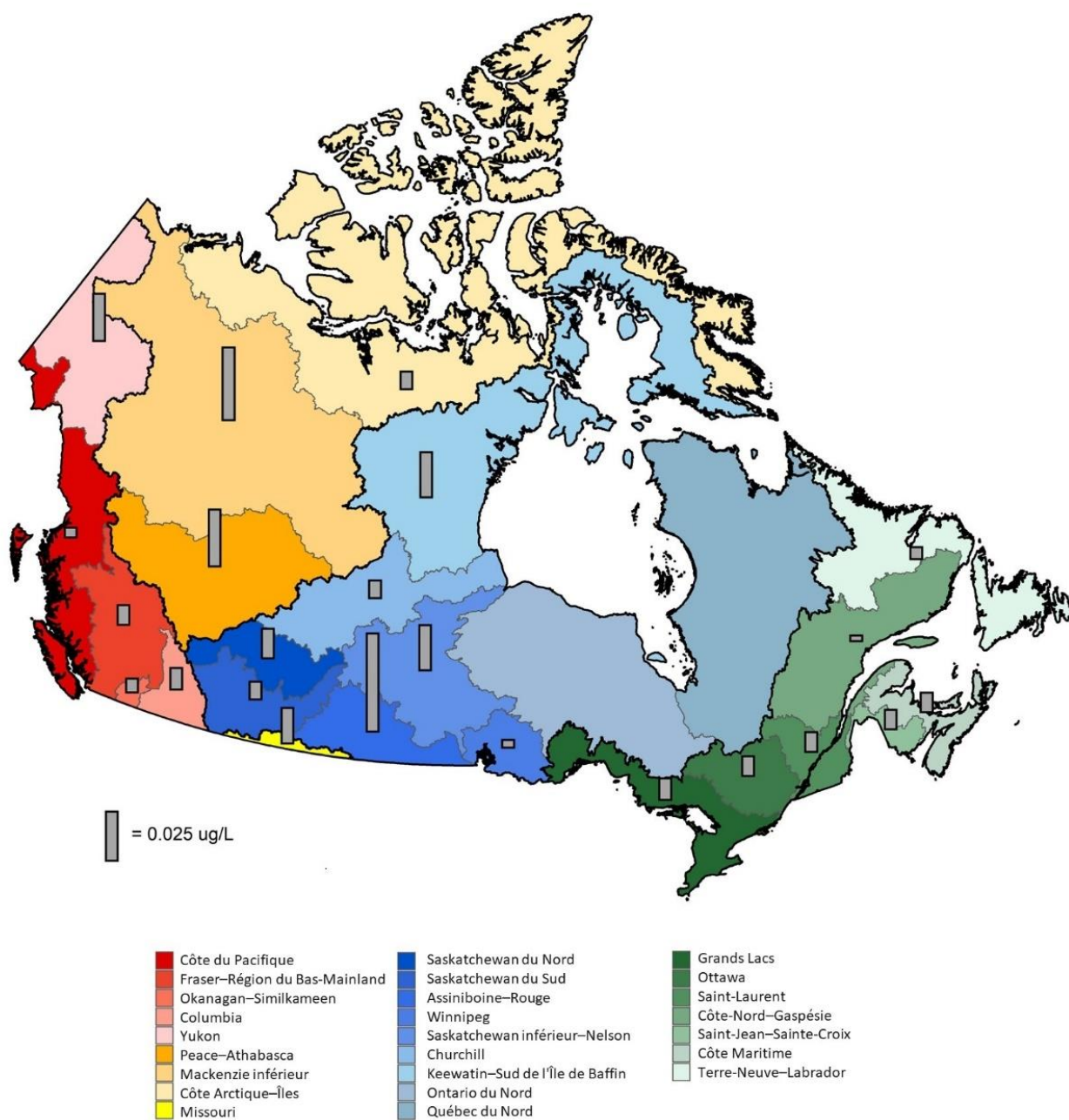


Figure 30. Concentrations médianes de cadmium (µg/L) dans chaque région de drainage du Canada. Aucune donnée n'est disponible sur les régions du nord de l'Ontario et du Québec.

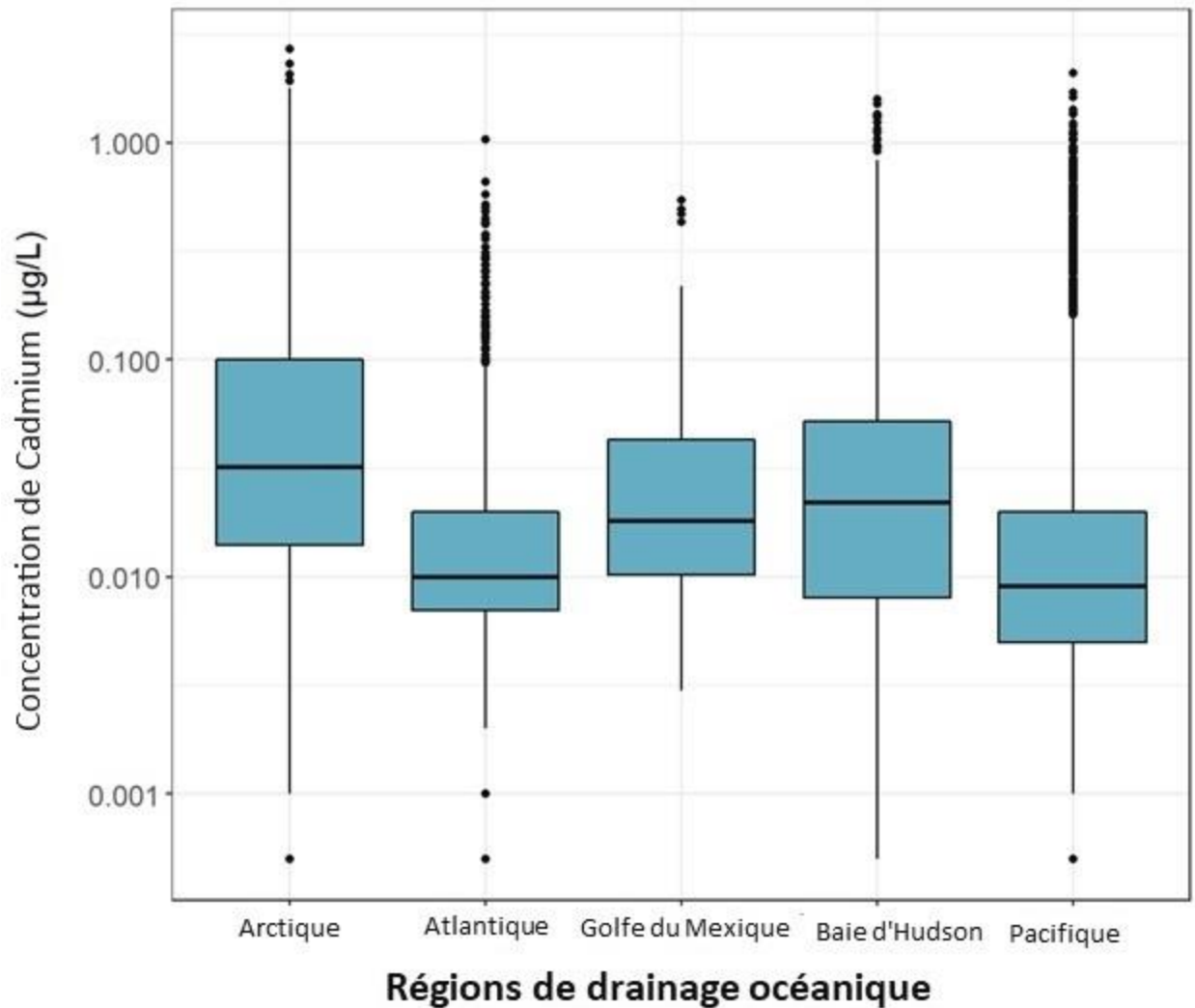


Figure 31. Diagramme de quartiles des concentrations de cadmium (µg/L) dans les zones de drainage océaniques. La ligne centrale de chaque boîte représente la valeur médiane, tandis que les côtés inférieurs et supérieurs représentent respectivement les 75^e et 25^e centiles. Les lignes partant des boîtes indiquent l'étendue des valeurs atteignant jusqu'à 1,5 fois l'écart interquartile (entre le 25^e et le 75^e centile) au-delà et en deçà des boîtes. Les points illustrent les valeurs qui se situent à l'extérieur de ces lignes, communément appelées valeurs aberrantes.

Les catégories du programme des Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement (ICDE) ont été utilisées pour regrouper les sites par type d'utilisation des terres. Ce programme classe ses principaux sites de surveillance à long terme selon la ou les utilisations dominantes dans leur zone de drainage, ce qui indique globalement les types de pression environnementale qu'ils sont susceptibles de subir. Les catégories comprennent les sites éloignés ou les sites les moins touchés ainsi que des utilisations des terres comme l'agriculture, la foresterie, l'exploitation minière, les sables bitumineux, les zones peuplées ainsi que diverses combinaisons de ces catégories. Elles ont été mises à jour pour la dernière fois en 2019, et les critères de classification figurent dans le rapport

Qualité de l'eau des cours d'eau canadiens : Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement de 2020 (Environnement et Changement climatique Canada, 2020a).

Les sites classifiés comme étant principalement influencés par des activités agricoles présentaient la concentration médiane de cadmium la plus élevée (0,031 µg/L), tandis que les valeurs médianes des sites peuplés et combinant foresterie et exploitation minière se situaient au milieu de la plage (0,010 à 0,011 µg/L), et celles des sites de références étaient les plus faibles (0,005 µg/L) (Figure 32). Les valeurs élevées des sites agricoles pourraient être dues à l'emplacement des sites plutôt qu'à l'utilisation des terres seulement. À l'exception de sites à l'Île-du-Prince-Édouard, tous les sites agricoles étaient situés au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta (dans la zone de drainage de la baie d'Hudson). Comme indiqué plus haut, la zone de drainage de la baie d'Hudson présente des concentrations de cadmium élevées par rapport aux autres zones de drainage océaniques. Les sites de référence dans la zone de drainage de la baie d'Hudson et dans l'Arctique ont des concentrations de cadmium statistiquement supérieures à celles trouvées dans toutes les autres régions du Canada. Malgré l'utilisation très intensive des terres agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard, les concentrations de cadmium dans les eaux de surface étaient assez faibles, ce qui confirme la nécessité de tenir compte des caractéristiques contextuelles dans l'interprétation des données.

La fréquence de dépassement des valeurs recommandées de concentration à long terme du CCME pour la protection de la vie aquatique a été déterminée pour chaque site. Dans l'ensemble, moins de 20 % des échantillons de la plupart des sites dépassaient les valeurs recommandées calculées, et c'est seulement pour les sites des catégories « pressions mixtes foresterie/exploitation minière » et « référence » que plus de 20 % des échantillons dépassaient ces valeurs.

Un grand nombre de sites présentant des dépassements importants des recommandations se trouvaient dans le nord du Canada. Quatre des sept sites enregistrant un dépassement supérieur à 20 % étaient situés dans la région de drainage du Bas Mackenzie, tandis que les autres se trouvaient dans les régions de drainage de Terre-Neuve-Labrador, du Yukon, et de la côte du Pacifique. Sur les sept sites, quatre étaient classifiés dans la catégorie « pressions mixtes foresterie/exploitation minière » d'après l'utilisation des terres, ce qui peut influencer sur les concentrations élevées qui y sont observées.

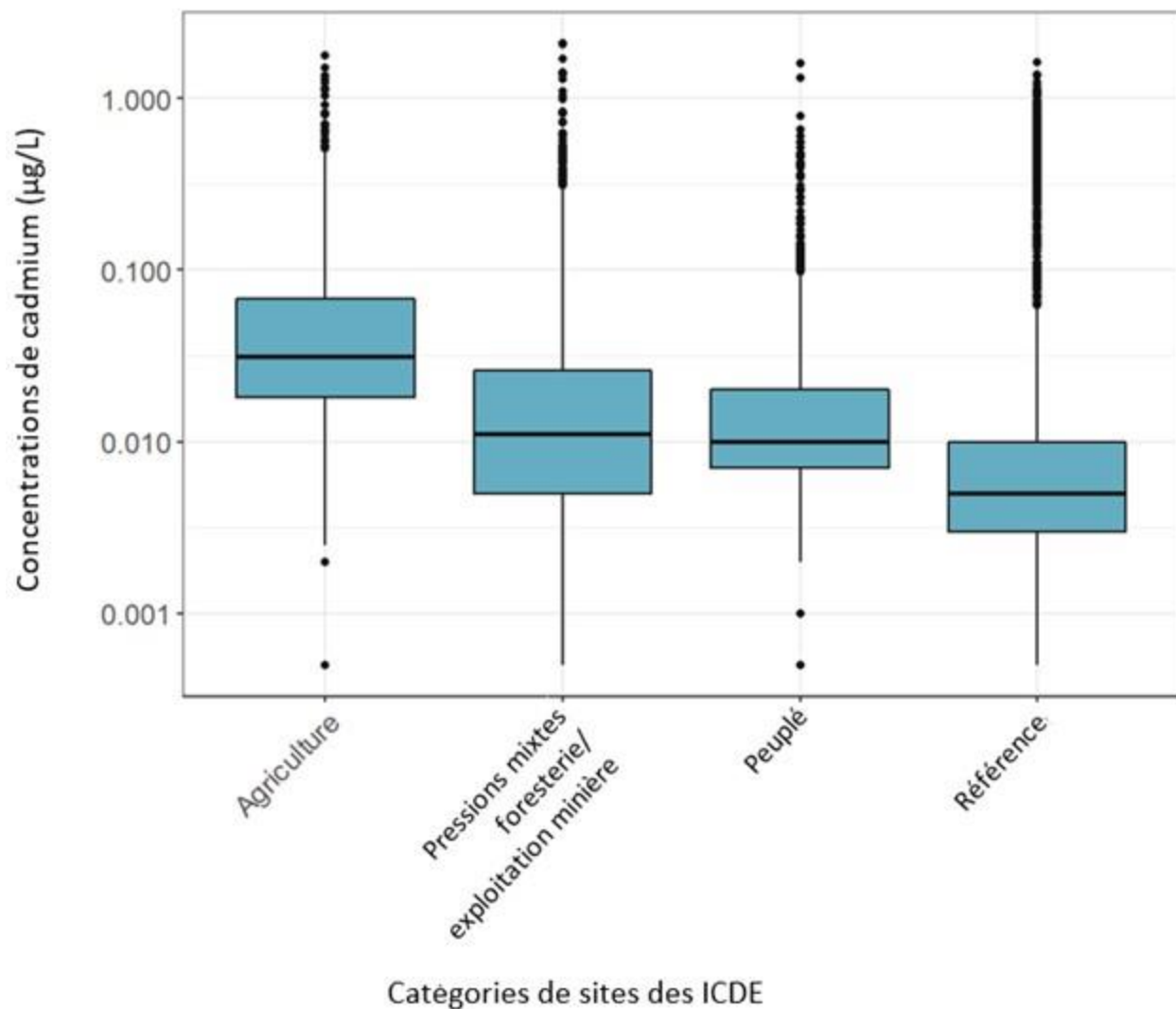


Figure 32. Concentrations de cadmium (µg/L) selon les catégories de sites combinées des ICDE.

Il est intéressant de noter que les sites de référence figuraient parmi ceux ayant la plus grande fréquence de dépassement. Par exemple, certains sites de référence dans les régions de drainage du Yukon et du Bas Mackenzie présentaient un dépassement très fréquent des valeurs recommandées, le site de la rivière McQuesten Sud en aval du ruisseau Flat en présentant dans 84 % de ses échantillons. Ces résultats soulignent la nécessité de tenir compte de facteurs locaux comme la géologie du bassin versant et d'autres sources potentielles lors de l'évaluation des recommandations et des dépassements.

En général, la plupart des sites de chaque catégorie présentaient soit une tendance à la baisse du cadmium, soit aucune tendance. Trois sites en tout montraient une tendance à la hausse, soit un dans chaque catégorie, sauf « pressions mixtes foresterie/exploitation minière ». Cela pourrait être un signe que les effets de ces sites sur les bassins versants entraînent une augmentation des concentrations de cadmium. Les améliorations les plus importantes ont été constatées dans les

catégories « pressions mixtes foresterie/exploitation minière » et « référence », tandis que les sites des catégories « agriculture » et « peuplé » présentaient les améliorations les plus faibles. Cependant, cette analyse n'a pas pu être réalisée dans de nombreux cas, parce que les concentrations de cadmium dans les échantillons recueillis étaient inférieures aux seuils de détection.

En plus de la direction de la tendance, l'importance de celle-ci et les valeurs recommandées pour la qualité de l'environnement ont été prises en compte lors de l'interprétation des résultats de tendance. Par exemple, les sites ont reçu une attention particulière si une tendance à la hausse pouvait rapprocher les concentrations des valeurs recommandées, ou si une tendance à la baisse était susceptible de ramener des concentrations excédant souvent les valeurs recommandées à des concentrations inférieures à ces valeurs dans un proche avenir. Aucun site présentant une tendance à la hausse ne devrait s'approcher des valeurs recommandées dans un proche avenir, selon les valeurs actuelles et le taux de changement calculé. Quelques sites présentant une tendance à la baisse dépassent fréquemment les valeurs recommandées, et leur tendance pourrait donner lieu à une réduction de la fréquence des dépassements.

3.2.3.3 Tendances des concentrations de cadmium dans l'eau des voies interlacustres des Grands Lacs et comparaisons avec les recommandations pour la qualité des eaux

Environnement et Changement climatique Canada a commencé à surveiller la qualité de l'eau dans les voies interlacustres des Grands Lacs en établissant un site d'échantillonnage fixe sur la rivière Niagara, à Niagara-on-the-Lake, en 1975. Au cours de la décennie suivante, d'autres sites ont été ajoutés sur le fleuve Saint-Laurent, à l'île Wolfe (1976), en amont sur la rivière Niagara, à Fort Erie (1983), et à Point Edward et Port Lambton sur la rivière Sainte-Claire (1986).

La surveillance de la qualité de l'eau des voies interlacustres est effectuée conformément à l'engagement pris par le Canada dans l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Plus précisément, elle vise à faciliter l'évaluation de l'efficacité des programmes de lutte contre la pollution menés dans le bassin des Grands Lacs. Les données produites par cet échantillonnage servent à repérer les dépassements des recommandations pour la qualité des eaux et à évaluer les conditions actuelles de la qualité de l'eau ainsi que les tendances.

Comme dans le cas de la surveillance des eaux de surface des cours d'eau canadiens dont il est question plus haut, les concentrations de cadmium mesurées dans les échantillons d'eau prélevés avant 2004 dans les voies interlacustres étaient souvent inférieures aux seuils de détection et ne peuvent être comparées à celles des échantillons prélevés après 2004. C'est pourquoi seules les données sur l'eau de 2004 à 2019 ont été analysées. Cela dit, les données sur la phase particulière (mesures du cadmium dans les particules flottant sur l'eau) sont présentées de 1978 à 2019, puisque les améliorations des méthodes de laboratoire visant les sédiments en suspension n'influent pas sur la comparabilité de ces données d'une période à l'autre.

Entre 2004 et 2019, les concentrations de cadmium dans les voies interlacustres des Grands Lacs variaient entre moins de 0,001 et 0,31 µg/L, avec une valeur médiane de 0,01 µg/L et une valeur moyenne de 0,02 µg/L. Dans la phase particulière, elles variaient entre 0,01 et moins de 10 µg/g, avec des valeurs médiane et moyenne de 0,80 et 0,92 µg/g, respectivement. Les concentrations de cadmium semblent augmenter entre les sites des voies interlacustres en amont de la rivière Sainte-Claire à la rivière Niagara et jusqu'au Saint-Laurent. De plus, elles sont généralement plus élevées

en aval, ce qui laisse à penser que des sources de pollution par le cadmium se trouvent le long des voies interlacustres.

Les rapports fédéraux au titre du Plan de gestion des toxiques de la Niagara comparent les mesures de la qualité de l'eau aux critères énoncés dans l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Pour le cadmium, le critère est 0,20 µg/L. Son application aux données sur l'eau de 2004 à 2019 provenant des voies interlacustres permet de relever deux dépassements à Niagara-on-the-Lake, en 2009 et 2016. En utilisant la recommandation pour la qualité des eaux à long terme du CCME visant la protection de la vie aquatique, soit 0,16 µg/L pour des eaux d'une dureté type de 100 mg CaCO₃/L, un autre dépassement a été trouvé à Point Edward. En utilisant la recommandation du CCME de 0,04 µg/L pour une dureté type inférieure à 17 mg CaCO₃/L, on a trouvé 6 dépassements à l'île Wolfe, 8 à Port Lambton, 11 à Point Edward, 31 à Fort Erie et 53 à Niagara-on-the-Lake.

La comparaison des données de la phase particulière aux recommandations pour les sédiments mentionnées à la section 3.2.2.1 permet de trouver 52 dépassements de la concentration seuil produisant un effet (0,6 µg/g) à Point Edward (24 % des 214 échantillons de 2005 à 2019), 61 à Port Lambton (28 % des 219 échantillons de 2005 à 2019), 238 à l'île Wolfe (91 % des échantillons de 1988 à 2019), 770 à Fort Erie (79 % des échantillons de 1983 à 2019) et 943 à Niagara-on-the-Lake (81 % des échantillons de 1978 à 2019). L'utilisation de la concentration d'effets occasionnels (1,70 µg/g) réduit ces chiffres à 47 dépassements à Fort Erie (5 % de tous les échantillons), 55 à l'île Wolfe (21 % de tous les échantillons) et 82 à Niagara-on-the-Lake (7 % de tous les échantillons), tandis que l'utilisation de la concentration produisant un effet probable (3,5 µg/g) permet de relever 6 dépassements à Niagara-on-the-Lake et à l'île Wolfe, mais aucun aux trois autres sites.

L'évaluation des données à long terme indique des tendances à la baisse des concentrations de cadmium aux sites de surveillance de toutes les voies interlacustres des Grands Lacs, sauf en ce qui concerne l'eau à Niagara-on-the-Lake. Entre 2004 et 2019, les concentrations de cadmium dans l'eau semblent diminuer d'environ 8 % par année à Point Edward, 5 % par année à Port Lambton et à Fort Erie, et 9 % à l'île Wolfe. Une diminution d'environ 1,5 % par année est également observée pour les concentrations dans l'eau à Niagara-on-the-Lake, mais il ne s'agit peut-être pas d'une tendance significative (valeur de p ajustée = 0,096). Il semble y avoir des tendances à la baisse dans les relevés historiques et plus récents des concentrations de cadmium dans la phase particulière. Ces concentrations ont diminué d'environ 4 % par année à la rivière Sainte-Claire entre 2005 et 2019 et à l'île Wolfe entre 1987 et 2019, alors qu'à la rivière Niagara, elles ont chuté de 1,3 % par année à Fort Erie (1983-2019) et de 1,9 % par année à Niagara-on-the Lake (1978-2019). Plus récemment, entre 2004 et 2019, elles affichaient une diminution semblable de 3 à 5 % par année aux cinq sites de surveillance des voies interlacustres.

3.2.3.4 Tendances spatiales et temporelles des concentrations de cadmium dans l'eau des Grands Lacs, et comparaisons avec les recommandations pour la qualité des eaux

Les sections précédentes portaient sur les systèmes « lotiques » (eaux vives), comme les affluents et les voies interlacustres qui sont surveillés dans les bassins versants transfrontaliers. Dans les milieux « lenticques » (eaux stagnantes), comme les lacs, les concentrations de nombreux contaminants tendent à être inférieures, parce que les sédiments se déposent au fond près de l'embouchure des rivières et sont moins susceptibles de flotter vers l'aval dans les milieux lacustres, où les eaux se déplacent plus lentement. Toutefois, même à l'état de traces, les contaminants des eaux lacustres peuvent avoir des effets importants sur la santé aquatique en

raison de leur cycle dans l'environnement et des processus de bioaccumulation et de bioamplification.

Le cadmium fait partie d'un groupe de métaux totaux qui sont surveillés dans le cadre du Programme de surveillance des Grands Lacs (PSGL), soit le programme de surveillance à long terme de la qualité de l'eau des Grands Lacs, effectué sur des navires, d'Environnement et Changement climatique Canada. Le réseau du PSGL peut permettre de déterminer les tendances spatiales de la qualité de l'eau. Des échantillons sont prélevés près des côtes et au large, dans les eaux canadiennes et américaines, sauf lors de la campagne de 2019 dans le lac Supérieur où seules les eaux canadiennes ont été échantillonnées. En utilisant uniquement les stations au large, il est possible de détecter des tendances temporelles qui peuvent ne pas être claires dans les affluents et les eaux littorales.

Établie d'après les plus récentes données des relevés du PSGL (2015-2019) (Figure 33), la répartition spatiale du cadmium dans les eaux des Grands Lacs indique que les concentrations sont les plus élevées dans le lac Érié, suivi du lac Supérieur et du lac Ontario, et sont les plus faibles dans la baie Georgienne et le lac Huron. Les concentrations les plus élevées sont observées dans le bassin occidental du lac Érié. Dans ce lac, les concentrations sont plus faibles dans le bassin oriental, intermédiaires dans le bassin central, et élevées dans le bassin occidental. Des données découlant de l'échantillonnage du littoral par le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Ontario (Benoit, non publié) confirment ces tendances spatiales.

La répartition du cadmium dans les eaux des Grands Lacs est principalement liée aux conditions géologiques des lacs, mais quelques apports supplémentaires de cadmium proviennent de sources atmosphériques à grande distance et de sources locales. Les valeurs anormalement élevées se rapportent probablement aux contributions de sources anthropiques. Les données les plus récentes indiquent que les concentrations sont plus élevées dans le lac Supérieur (Figure 33), où le Bouclier canadien sous-jacent aux lacs du nord contribue aux concentrations élevées, que dans le lac Ontario, où les matières sédimentaires forment une plus grande partie de la géologie du bassin. Il n'en a pas toujours été ainsi. Lors des relevés initiaux (2003 et 2005), les valeurs étaient plus grandes dans le lac Ontario que dans le lac Supérieur, probablement en raison de contributions anthropiques historiquement plus élevées dans le lac Ontario. Les concentrations de cadmium dans l'eau diminuent dans l'ensemble des Grands Lacs, et à un taux plus élevé dans le lac Ontario.

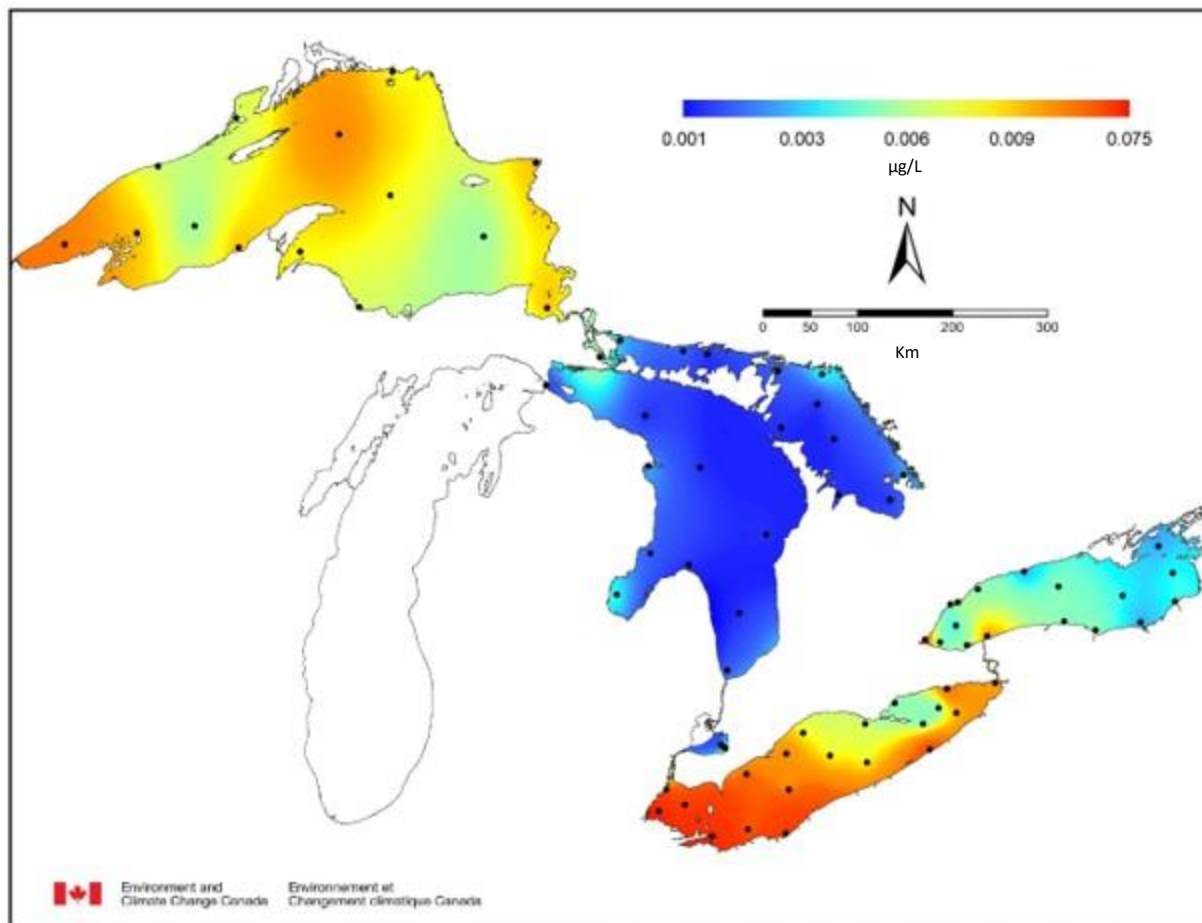


Figure 33. Répartition spatiale récente (2015-2019) du cadmium dans les eaux de surface des Grands Lacs.

Les ensembles de données sur les Grands Lacs ne révèlent aucun dépassement des recommandations pour la qualité des eaux du CCME relatives au cadmium aux endroits surveillés. Il convient de noter que les concentrations dans le bassin occidental du lac Érié (plage de 0,013 à 0,103 µg/L) peuvent atteindre 65 % de la recommandation à long terme (0,16 µg/L pour une dureté type de 100 mg CaCO₃/L). Comme les sites de surveillance ne sont pas situés près des sites de rejets, on peut s'attendre à des concentrations plus élevées dans les eaux littorales et à des dépassements des recommandations pour la qualité des eaux plus près des côtes ou des sources potentielles.

Les données montrent clairement des diminutions pour la période 2003-2019 dans l'ensemble des Grands Lacs, sauf les bassins central et occidental du lac Érié. Ces diminutions sont probablement dues à la réduction des rejets de cadmium dans l'environnement provenant de sources industrielles et autres. Dans le lac Érié, en revanche, les concentrations sont plus élevées et plus variables en raison de la présence historique de sources potentielles dans la région de la rivière Détroit.

Les données probantes fournies ici, qui s'appuient sur les données de laboratoire les plus récentes et de la plus haute qualité, indiquent que les concentrations de cadmium dans les eaux des Grands Lacs ont diminué depuis le début des années 2000 et continuent de diminuer dans tous les lacs, sauf dans les bassins occidental et central du lac Érié. Tout apport continu (par exemple à partir de sédiments contaminés dans la rivière Détroit ou de sources dans les bassins versants américains

ou canadiens) peut contribuer à la variabilité accrue des concentrations de cadmium et à l'absence de tendance dans ces bassins du lac Érié.

3.2.4 Poissons

Les poissons absorbent le cadmium directement à partir de la colonne d'eau ou par leur alimentation. La bioaccumulation est l'accumulation graduelle d'une substance dans un organisme. Les concentrations de cadmium dans les poissons sont souvent supérieures à celles dans le milieu ambiant, puisque le cadmium se bioaccumule dans les organismes aquatiques (Pelgrom et al., 1995). L'eau est généralement la voie d'absorption la plus importante, suivie de l'alimentation, mais cette situation peut varier selon la source de cadmium dans l'écosystème.

Les poissons prédateurs de niveau trophique supérieur, en particulier le touladi (*Salvelinus namaycush*) et le doré jaune (*Sander vitreus*), sont généralement utilisés comme indicateurs des conditions aquatiques. Ces poissons sont des bio-indicateurs idéaux des contaminants aquatiques, car ils se nourrissent dans le haut du réseau alimentaire et vivent longtemps. Il en résulte une accumulation de certains contaminants à des concentrations élevées par rapport à l'environnement et aux niveaux trophiques inférieurs par bioconcentration. En plus d'avoir une longue durée de vie, ces poissons sont très gras et ont de grands domaines vitaux, ce qui en fait d'excellents intégrateurs spatiaux et temporels de la contamination. Le touladi et le doré jaune sont présents dans une grande partie du Canada, ce qui permet de comparer les concentrations de contaminants à l'échelle nationale. Aux endroits où ils ne sont pas présents, d'autres poissons prédateurs de niveau trophique supérieur sont prélevés. Selon l'endroit et l'habitat, il peut s'agir du brochet maillé, du grand brochet, de la truite arc-en-ciel ou de la truite fardée.

Des poissons-proies et d'autres composants du réseau alimentaire sont également recueillis, autant que possible, aux sites de surveillance. Les échantillons du réseau alimentaire comprennent les poissons-proies consommés directement par les poissons prédateurs, comme la perche, l'éperlan et les chabots, ainsi que les organismes situés plus bas dans le réseau alimentaire, comme les invertébrés, les mysididés et le phytoplancton. Ils permettent de comparer les charges de contaminants à différents niveaux du réseau alimentaire, pour estimer le potentiel de bioamplification et associer au réseau alimentaire les variations relatives aux contaminants dans les poissons prédateurs. Certains contaminants se concentrent (bioamplification) dans les niveaux supérieurs du réseau alimentaire, tandis que d'autres ne le font pas et peuvent même diminuer (biodilution).

Les poissons sont des indicateurs utiles pour évaluer les progrès vers l'atteinte de l'objectif environnemental, puisqu'ils indiquent quelle quantité du cadmium présent dans l'air, l'eau et les sédiments se retrouve dans les organismes aquatiques. Les poissons se déplacent dans les lacs et les rivières et sont donc exposés à différentes concentrations de cadmium dans différents environnements, comparativement aux échantillons d'eau ou de sédiments qui sont habituellement récoltés à un endroit seulement. Des tendances à la baisse des concentrations de cadmium dans les poissons indiquent qu'une quantité moindre de cadmium entre dans la chaîne alimentaire et que des progrès sont réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental.

3.2.4.1 Effets du cadmium sur les poissons

L'exposition au cadmium peut être létale pour les poissons à diverses concentrations selon la sensibilité de l'espèce, l'étape du cycle de vie et la durée d'exposition. Les truites arc-en-ciel juvéniles sont relativement sensibles au cadmium (Hollis et al., 2000), tandis que les perchaudes

juvéniles le sont beaucoup moins (Niyogi et al., 2004). L'exposition des poissons au cadmium à des concentrations inférieures aux concentrations létales a été associée à des effets sur le comportement, comme des changements des niveaux d'activité (Atchison et al., 1987; McGreer et al., 2000) et des comportements d'interaction sociale tels que la dominance et l'agression (Atchinson et al., 1987; Sloman et al., 2003). L'exposition au cadmium peut avoir des effets négatifs sur la reproduction des poissons, comme une réduction de la taille des gonades (Pyle et al., 2005), de la production de stéroïdes sexuels, du développement des ovaires et du succès d'éclosion ainsi qu'une augmentation des malformations (Vetillard and Bailhache, 2004).

De nombreux facteurs peuvent réduire la toxicité et la biodisponibilité du cadmium et ainsi modifier la quantité de cadmium accumulée par les poissons dans un environnement donné. Comme indiqué précédemment, la forme, la toxicité et la mobilité du cadmium dans l'eau peuvent être influencées par le pH, la dureté, l'alcalinité et les matières organiques naturelles. L'âge et le sexe ne semblent pas fortement liés aux concentrations de cadmium accumulées dans les poissons.

Des recommandations pour la qualité de l'eau douce visant les concentrations de cadmium dans les eaux canadiennes sont en place et visent à protéger la vie aquatique. Il n'y a pas de recommandations connues pour les poissons qui indiqueraient les concentrations de cadmium dans le corps entraînant des effets négatifs sur la santé. Ceci est probablement dû au fait que la relation entre les effets toxicologiques du cadmium et la concentration de cadmium dans le corps, aussi appelée charge corporelle, est faible. Environnement et Changement climatique Canada surveille les contaminants dans les poissons entiers afin d'obtenir un portrait du niveau de contamination global de l'environnement pour de nombreux produits chimiques et métaux. Les concentrations dans les poissons entiers sont utiles pour évaluer les effets de l'exposition au cadmium par voie alimentaire sur les espèces sauvages qui consomment des poissons, comme les oiseaux et les mammifères.

3.2.4.2 Tendances spatiales et temporelles des concentrations de cadmium dans les poissons

Le Programme de surveillance de la contamination du poisson a été lancé en 1976. L'objectif était de recueillir divers échantillons biologiques dans les milieux d'eau douce pour déterminer les niveaux de contaminants dans les écosystèmes. De deux à quatre sites au large dans chacun des Grands Lacs, sauf le lac Michigan, sont surveillés chaque année. En 2006, le programme s'est élargi pour comprendre des zones à l'extérieur des Grands Lacs et prendre une portée nationale. De 2006 à 2015, des échantillons de biote ont été prélevés dans de nombreux sites d'eau douce au Canada. Ces collectes visaient principalement à évaluer les concentrations de mercure et d'autres contaminants dans l'environnement provenant du dépôt atmosphérique.

De multiples espèces de poissons ont été analysées à la recherche de cadmium dans quelques sites, ce qui permet une comparaison directe des différences d'accumulation entre les espèces (Figure 34). En général, les petites espèces-proies, situées plus bas dans la chaîne alimentaire, avaient accumulé des concentrations de cadmium plus élevées que les poissons prédateurs de niveau trophique supérieur. Il est intéressant de noter qu'aux sites présentant les concentrations les plus élevées de cadmium dans les poissons, les différences entre les espèces étaient réduites.

Dans cette étude nationale, les charges corporelles de cadmium sont plus élevées chez les poissons-proies que chez les poissons prédateurs de niveau trophique supérieur qui les consomment (dans un même endroit). Ce résultat a été observé pour tous les sites et indique qu'aucune bioamplification du cadmium ne se produit dans la partie supérieure du réseau

alimentaire aquatique aux sites surveillés. Il concorde avec ce qu'on voit dans la littérature (par exemple Andres et al., 2000, Amundsen et al., 1997, Carru et al., 1996, Marcovecchio and Moreno, 1993, Pip and Stephaniuk, 1997).

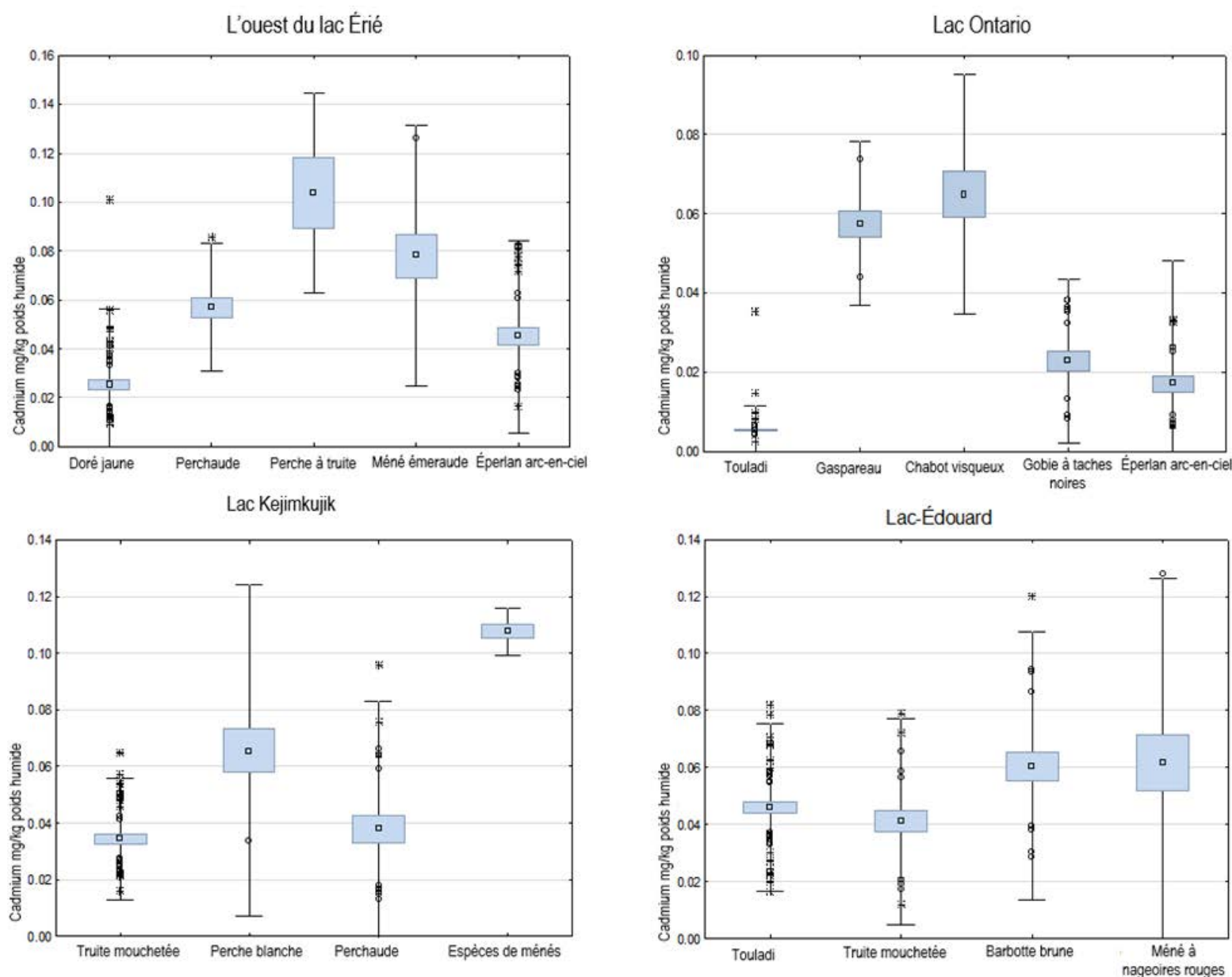


Figure 34. Comparaison des concentrations moyennes des charges de cadmium dans le corps entier de multiples espèces de poissons d'un même site. Les poissons sont classés du plus gros au plus petit le long de l'axe des X, les espèces prédatrices de niveau trophique supérieur se trouvant à gauche.

Tendances spatiales selon l'espèce

Les charges corporelles de cadmium variaient beaucoup selon l'endroit du pays et, pour les poissons prédateurs, étaient les plus élevées en Colombie-Britannique et au Yukon ainsi qu'à des endroits de l'est du Canada et des Maritimes, comme dans le lac Kejimikujik et le lac Édouard, au

Québec. Les concentrations étaient les plus faibles aux Territoires du Nord-Ouest et dans les provinces des Prairies. Elles étaient élevées à modérées dans les Grands Lacs, les concentrations étant plus élevées dans les Grands Lacs d'amont que dans les Grands Lacs d'aval (Figure 35).

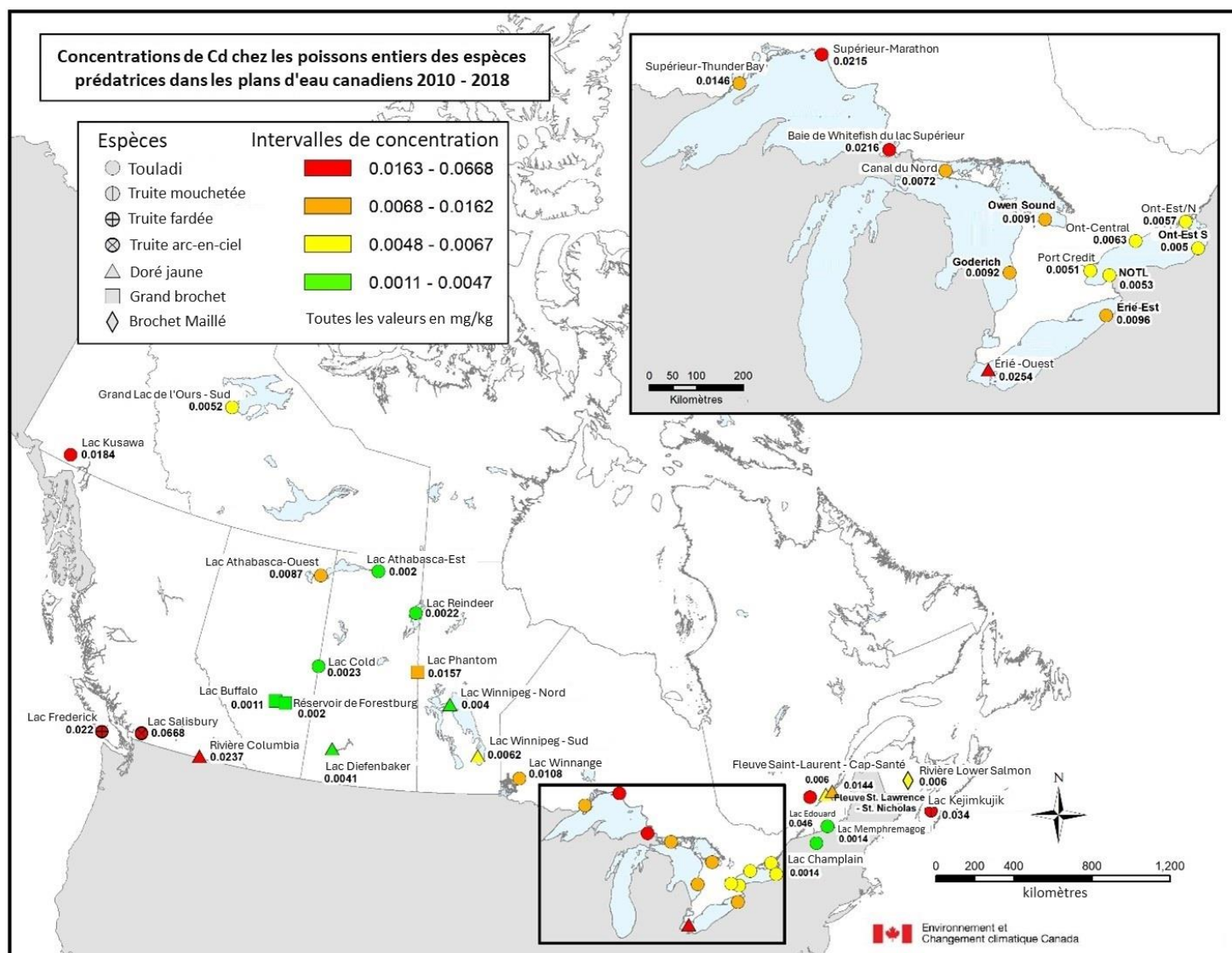


Figure 35. Concentrations moyennes de cadmium dans le corps entier (mg/kg de poids humide) réparties en quartiles pour des poissons prédateurs de niveau trophique supérieur dans des plans d'eau canadiens entre 2010 et 2018.

Les poissons-proies présents variaient beaucoup d'un site à l'autre du Canada, et les concentrations de cadmium variaient de manière significative entre les espèces-proies d'un même site. Pour cette raison, il n'était pas approprié de regrouper les espèces-proies dans une seule analyse nationale. L'éperlan arc-en-ciel était l'espèce-proie retrouvée dans le plus grand nombre de sites, le plus souvent dans les sites des Grands Lacs (Figure 36).

Les concentrations de cadmium dans l'éperlan arc-en-ciel étaient les plus élevées à la baie Whitefish, à Wheatley, à Dunkirk, et à Thunder Bay, et les plus faibles dans les sites du lac Ontario

et à Goderich, dans le lac Huron. Les charges corporelles de cadmium chez le chabot étaient les plus élevées à la baie Whitefish, au lac Supérieur et à Port Credit, dans le lac Ontario (Figure 37a). Le gobie à taches noires a été trouvé principalement dans les Grands Lacs d'aval et présentait les concentrations de cadmium les plus élevées dans l'ouest du lac Érié (Figure 37b).

Comme le souligne la section sur les sédiments du présent rapport, les concentrations élevées de cadmium dans les poissons de certaines zones peuvent découler des différences régionales dans les concentrations naturelles de cadmium dues à la géologie locale ainsi que des facteurs influençant la biodisponibilité, tandis qu'à d'autres endroits, elles peuvent découler d'apports anthropiques. Les charges corporelles de cadmium chez les poissons reflètent la biodisponibilité du cadmium dans l'environnement. Dans cette étude, les sites où ont été trouvées les charges corporelles de cadmium les plus élevées chez les poissons étaient associés à des apports naturels et anthropiques. Le lac Salsbury, en Colombie-Britannique, où les poissons présentant la plus haute concentration de cadmium ont été recueillis, est un lac isolé entouré de forêts. Bien qu'il semble très propre, ce lac a fait l'objet d'un programme de fertilisation dans les années 1980. Des engrais à base de phosphate et de nitrate y ont été ajoutés pendant quatre ans dans le but d'améliorer la productivité de la pêche (Hume, 1987). C'est la raison probable des concentrations relativement élevées de cadmium dans cet écosystème, puisque les engrais à base de phosphate peuvent contenir des quantités importantes de cadmium (T. L. Roberts, 2014). Le fleuve Columbia traverse la chaîne de montagnes Columbia et draine des zones qui sont naturellement riches en minerai de cadmium. Plusieurs mines produisant du zinc et du cadmium se trouvent dans son bassin versant, et le site de l'échantillonnage des poissons se situe près d'une usine de traitement du zinc à Trail, en Colombie-Britannique, qui est une source probable de cadmium ainsi que d'autres métaux lourds dans le fleuve Columbia. Le lac Édouard, au Québec, draine également une zone riche en minerai sulfuré contenant du cadmium et est le site de l'ancienne mine du lac Édouard, qui produisait du nickel et du cuivre. Le lac Kejimikujik est connu pour ses concentrations élevées de mercure et de métaux lourds, que l'on présume être le résultat combiné de dépôts aériens provenant de zones fortement peuplées au sud et de la contamination de l'exploitation aurifère historique (S. Roberts et al., 2019).

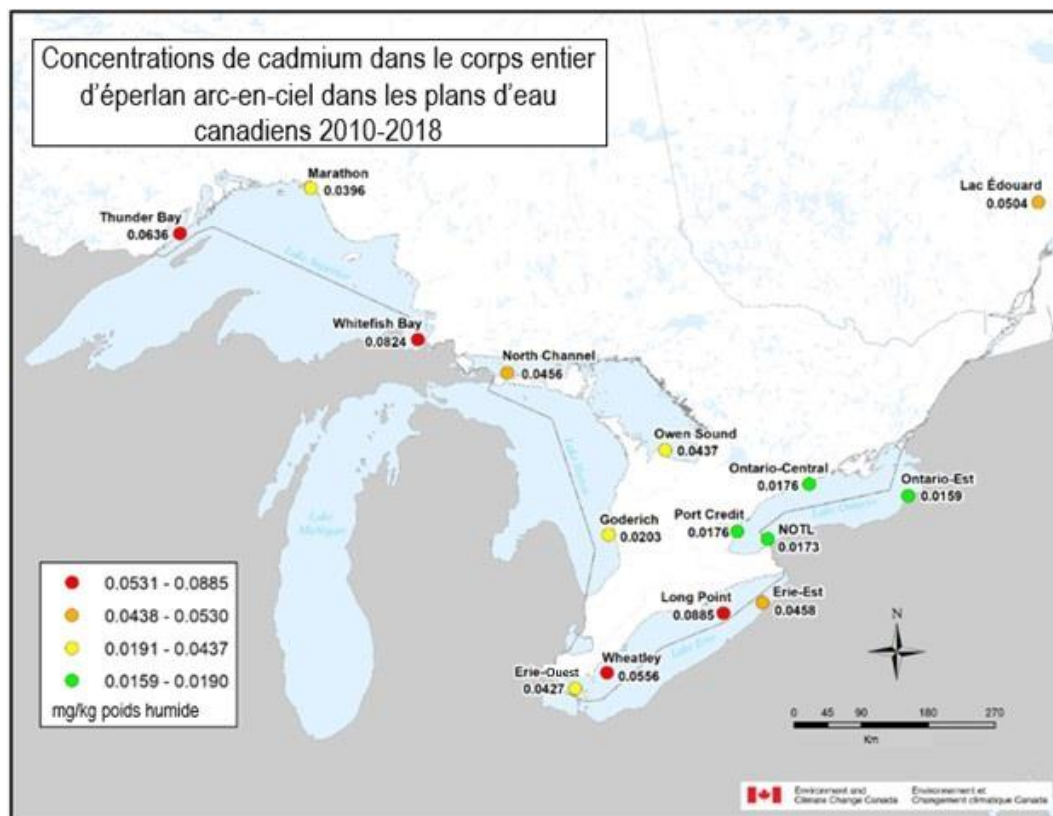


Figure 36. Concentrations moyennes de cadmium dans le corps entier (mg/kg de poids humide) de l'éperlan arc-en-ciel dans des plans d'eau canadiens entre 2010 et 2018.

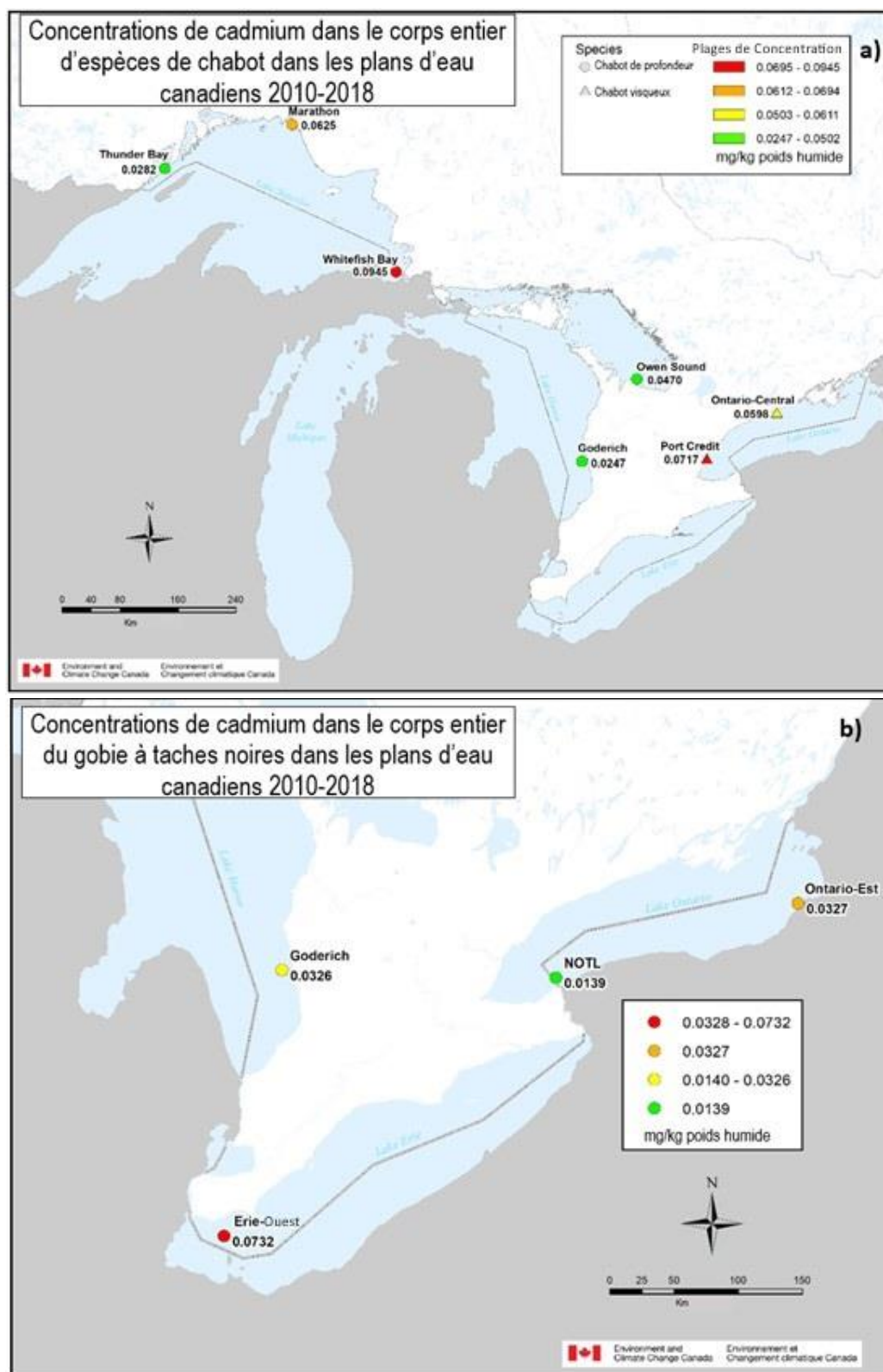


Figure 37. Concentrations moyennes de cadmium dans le corps entier a) d'espèces de chabot et b) du gobie à taches noires dans les Grands Lacs canadiens.

Les tendances spatiales des charges corporelles de cadmium chez les poissons prédateurs de niveau trophique supérieur diffèrent des tendances observées aux sites de surveillance de la qualité de l'eau au Canada, qui indiquent que les concentrations de cadmium étaient plus faibles dans le sud de la Colombie-Britannique et plus élevées dans les Prairies et l'Arctique. Pour les poissons prédateurs de niveau trophique supérieur, les concentrations en Colombie-Britannique étaient plutôt les plus élevées, et celles des Prairies et de l'Arctique étaient relativement faibles. Cette situation s'explique probablement par deux raisons. Tout d'abord, les données sur les poissons, les sédiments et la qualité de l'eau ont souvent été obtenues à des sites différents et comprendraient donc des concentrations de fond de cadmium différentes. Ensuite, même lorsque les poissons sont prélevés aux mêmes sites que les échantillons d'eau ou de sédiment, les tendances spatiales relatives peuvent différer parce que les charges corporelles indiquent la disponibilité du cadmium pour les poissons, et que cette caractéristique varie selon des facteurs comme le pH, les matières organiques et la dureté.

Dans les Grands Lacs, on constate aussi des différences entre les zones où les concentrations de cadmium sont les plus élevées dans les sédiments ou les poissons. Les charges corporelles de cadmium chez le touladi (prédateur) et l'éperlan arc-en-ciel (proie) figuraient parmi les plus élevées enregistrées pour le lac Supérieur, et parmi les plus faibles pour le lac Ontario, tandis que les tendances des concentrations de cadmium dans les sédiments sont inversées. Cela peut s'expliquer par des différences dans la biodisponibilité du cadmium dans les eaux du lac Supérieur et celles du lac Ontario découlant de différences dans l'environnement physicochimique. Par exemple, la dureté de l'eau, qui réduit la biodisponibilité du cadmium, est plus élevée dans le lac Ontario (~125 mg CaCO₃/L) que dans le lac Supérieur (~45 mg CaCO₃/L). Il convient de noter que les chabots de Port Credit, dans le lac Ontario, avaient des charges corporelles relativement plus élevées. Contrairement au doré jaune, au touladi et à l'éperlan, qui se nourrissent de manière pélagique (dans la colonne d'eau), les chabots sont plus susceptibles d'être benthophages (de se nourrir sur le fond) et peuvent donc être plus exposés au cadmium dans les sédiments. Les charges corporelles de cadmium étaient élevées dans la plupart des espèces de poissons dans les parties du bassin occidental du lac Érié où des concentrations élevées ont été observées dans les sédiments et l'eau. En plus des sources anciennes mentionnées dans la section sur les sédiments, les sources potentielles dans le bassin occidental comprennent l'épandage de boues d'épuration, qui peuvent être riches en cadmium, sur les champs agricoles (Jing & Logan, 1992).

Tendances temporelles selon le site et l'espèce dans les Grands Lacs

Les tendances temporelles des charges corporelles annuelles de cadmium ont été analysées pour tous les sites des Grands Lacs associés à suffisamment de données à long terme. De manière générale, les ensembles de données les plus longs et les plus complets portent sur le touladi et l'éperlan arc-en-ciel. L'ensemble de données temporelles le plus long est celui de l'éperlan arc-en-ciel, qui remonte jusqu'à la fin des années 1970 à certains endroits, tandis que pour le touladi, il n'existe de données suffisantes que pour examiner les tendances depuis 2000. Les résultats de l'analyse des tendances temporelles pour toutes les espèces de poissons des Grands Lacs pour lesquelles les données étaient suffisantes sont résumés dans le Tableau 8.

Tableau 8. Résumé des tendances temporelles des charges corporelles de cadmium chez des poissons des Grands Lacs. Le vert indique une tendance à la baisse, le rouge, une tendance à la hausse, et le jaune, l'absence de tendance. Les couleurs foncées (vert foncé et rouge) signalent une tendance très probable, tandis que les couleurs pâles (rose et vert pâle) signalent une tendance moins probable.

Sites	Espèces de poissons				
	Touladi	Doré jaune	Éperlan arc-en-ciel	Espèces de chabot	Gaspareau
Thunder Bay	↓		↑		
Baie Whitefish	□		↑		
Chenal du Nord					
Baie Georgienne					
Lac Huron	↓		↓	↓	
Ouest du lac Érié		↑	↓		
Est du lac Érié	↓		↓		
Niagara on the Lake	↓		↓		
Ouest du lac Ontario	↑		↓		
Centre du lac Ontario	↓		↓	□	↑
Est du lac Ontario	↓		↓	↓	

À la plupart des sites des Grands Lacs, les charges corporelles de cadmium chez les poissons sont en baisse, et aucune tendance à la hausse significative n'a été trouvée. Cependant, les tendances variaient selon le lac et l'espèce. Dans le lac Supérieur, aucune tendance significative n'a été observée pour les deux directions. Chez l'éperlan, les charges corporelles de cadmium semblent augmenter, de manière non significative, tandis que chez le touladi, elles diminuent de manière non significative ou demeurent relativement stables. Les données sur les sédiments montrent que les concentrations de cadmium diminuent dans le lac Supérieur depuis la fin des années 1960, mais l'ensemble de données à long terme de l'éperlan arc-en-ciel ne reflète pas cette tendance, même s'il couvre en grande partie la même période, soit du début des années 1980 à aujourd'hui. La raison pourrait être que l'éperlan se nourrit surtout dans la partie pélagique du réseau alimentaire. Si le cadmium du lac Supérieur se lie rapidement aux particules en suspension et se dépose sur le lit du lac, il pourrait ne pas être présent dans cette partie du réseau alimentaire ou ne pas être biodisponible dans la colonne d'eau. Cela dit, le cadmium dans les échantillons d'eau de ce lac a également diminué pour la période 2004-2019.

Dans le lac Huron, y compris la baie Georgienne et le chenal du Nord, le cadmium diminue à tous les sites et dans toutes les espèces, bien que ces déclinés ne soient pas toujours rapides ou statistiquement significatifs. Les concentrations de cadmium dans l'éperlan arc-en-ciel du lac ont diminué de façon marquée du milieu des années 1990 au début des années 2000, après quoi la tendance s'est quelque peu stabilisée. Ce portrait correspond aux tendances à la baisse du

cadmium dans les sédiments et les eaux du lac, sauf à la baie Georgienne, où les concentrations de cadmium dans les sédiments ont augmenté à certains endroits, mais pas là où des poissons ont été récoltés.

Dans l'ouest du lac Érié, les charges de cadmium chez le doré jaune semblent augmenter légèrement, tandis que le cadmium dans l'éperlan semble diminuer. Les diminutions chez l'éperlan correspondent aux tendances à la baisse du cadmium dans les sédiments et se produisent au cours d'une période similaire, tandis que les charges de cadmium chez le doré jaune semblent avoir récemment augmenté et pourraient être influencées par les concentrations élevées de cadmium encore observées dans des zones comme la baie Cleveland, ou peut-être par des sédiments remis en suspension lors du dragage en amont. En parallèle, les données sur les eaux indiquent des concentrations variables de cadmium et l'absence de tendance au cours des 15 dernières années. Dans les eaux plus froides de l'est du lac Érié, les concentrations de cadmium dans le touladi ont diminué de façon constante de 2006 à 2014. On observe aussi des diminutions du cadmium chez l'éperlan arc-en-ciel, qui ressemblent aux tendances relatives aux sédiments et aux eaux, mais les concentrations chez l'éperlan semblent avoir augmenté entre 1978 et 1995.

Pour le lac Ontario, on n'observe aucune tendance significative en ce qui concerne les poissons prédateurs. Dans la plupart des sites, la concentration chez le touladi semble diminuer légèrement, sauf dans l'ouest du lac, où elle a connu une légère augmentation au cours des dernières années. À l'inverse, on constate des diminutions chez l'éperlan à tous les sites du lac. Les tendances étaient plus ambiguës pour les autres espèces-proies. Les charges de cadmium chez le chabot ont diminué dans l'est du lac, mais sont restées inchangées dans le bassin central. À cet endroit cependant, les concentrations dans le gaspareau ont augmenté légèrement. Par ailleurs, un facteur de confusion, soit la modification de l'emplacement des sites, joue sur les diminutions du cadmium observées dans l'est du lac Ontario et du lac Érié. Dans les deux cas, les sites d'échantillonnage ont été déplacés des eaux canadiennes vers les eaux américaines au cours de la période de relevé, ce qui peut expliquer une partie de la diminution observée.

Constats et recommandations

Le gouvernement fédéral effectue une surveillance environnementale des milieux aquatiques depuis de nombreuses années en coordination avec des partenaires provinciaux, territoriaux et internationaux aux États-Unis. Le comportement et la toxicité du cadmium dans le milieu aquatique sont complexes, et l'interprétation des données de surveillance nécessite de bien comprendre les sources naturelles de cadmium et les facteurs modifiant la toxicité. En général, les concentrations de cadmium trouvées dans les sédiments, les eaux et les poissons sont en diminution, ce qui montre que des progrès sont réalisés vers l'atteinte de l'objectif environnemental, bien que les concentrations demeurent supérieures aux concentrations préoccupantes dans certaines zones. Les sources atmosphériques contribuent probablement de façon importante aux concentrations de cadmium dans les milieux aquatiques, en particulier dans les sédiments. Les feux de forêt peuvent rejeter une quantité considérable de cadmium dans l'air, car cette substance tend à s'accumuler dans les plantes et les sols organiques. Il n'existe cependant aucune méthode pour quantifier cet apport aux sédiments (CEPA, 1994). Étant donné que les changements climatiques ont entraîné une augmentation des feux de forêt dans les dernières années, ceux-ci pourraient devenir une source importante d'apport en cadmium dans les milieux aquatiques. Les activités dans les ports et le transport maritime pourraient également être liés à la contamination par le cadmium des sédiments.

Il est recommandé :

- que l'on poursuive le travail visant à déterminer et à gérer, selon les besoins, les sources des rejets de cadmium dans les zones où les concentrations restent supérieures aux recommandations ou aux concentrations seuils produisant un effet dans les sédiments et les eaux. Une attention particulière devrait être accordée aux zones où les concentrations augmentent ou restent stables, en tenant compte des conditions naturelles et des contributions potentielles provenant des États-Unis. Il conviendrait peut-être de poursuivre l'étude des sources de contamination des sédiments dans les ports;
- que l'on examine davantage le rôle et la contribution relative du dépôt atmosphérique de cadmium provenant de différentes sources de rejets, notamment les feux de forêt, pour les sédiments et les eaux;
- que l'on envisage de poursuivre l'étude des charges corporelles de cadmium chez les espèces aquatiques et des effets potentiels du cadmium sur la dynamique des réseaux alimentaires.

3.3 Espèces sauvages

Les espèces sauvages sont surtout exposées au cadmium par leur alimentation (Burger, 2008). L'inhalation peut constituer une autre voie d'exposition, bien qu'elle ne se produise probablement que près d'une source d'émission importante, où les concentrations atmosphériques de cadmium sont élevées (Archbold et al., 2007; Burger, 2008). Étant donné l'importance de l'exposition par voie alimentaire, la place d'un animal dans la chaîne alimentaire peut influencer la bioaccumulation de ce métal. En général, le cadmium ne se bioamplifie pas dans les chaînes alimentaires. Ses concentrations dans les tissus tendent plutôt à diminuer lorsqu'il est transféré de la proie au prédateur. De ce fait, les concentrations les plus élevées sont souvent observées chez les animaux de niveau trophique inférieur, en particulier les herbivores (animaux qui mangent des plantes) (Sun et al., 2020). Il existe toutefois des exceptions où des animaux de niveau trophique supérieur, comme des mammifères marins et des oiseaux, présentent des concentrations élevées (Dietz et al., 1996, 1998). De plus, une bioamplification du cadmium a parfois été signalée dans les milieux benthiques, où elle entraîne une augmentation des concentrations tissulaires aux niveaux trophiques supérieurs lors du transfert du cadmium vers le haut de la chaîne alimentaire (Croteau et al., 2005; Espejo et al., 2018).

Chez les vertébrés, lorsque le cadmium est libéré des aliments digérés dans l'intestin et pénètre dans la circulation sanguine, il s'accumule surtout dans les reins et le foie, et dans une bien moindre mesure dans d'autres tissus mous comme les muscles et le cerveau. Les espèces sauvages excrètent lentement le cadmium de leur corps par leurs excréments et leur urine ainsi que par des tissus kératinisés inertes comme les plumes, les griffes et les poils. Les oiseaux et reptiles femelles transfèrent également de petites quantités de cadmium à leurs petits lors de la ponte (Cooke, 2011; Wayland & Scheuhammer, 2011). Il a fréquemment été indiqué que les concentrations de cadmium augmentent avec l'âge chez diverses espèces sauvages, comme les phoques et les oiseaux (Brown et al., 2016; Wayland & Scheuhammer, 2011).

3.3.1 Effets toxicologiques et risques d'une exposition élevée au cadmium

Les études en laboratoire montrent qu'une exposition élevée au cadmium peut avoir des effets toxicologiques sublétaux sur les animaux vertébrés. Chez les oiseaux et les petits mammifères, l'exposition au cadmium peut causer des lésions intestinales, rénales et testiculaires, réduire la solidité des os par l'ostéoporose, nuire à la reproduction et au métabolisme, et induire une anémie (Cooke, 2011; Wayland & Scheuhammer, 2011; World Health Organization, 1992). Les doses

expérimentales qui ont causé ces effets toxicologiques en laboratoire diffèrent selon les études et les espèces visées, mais ces doses (par exemple 50 à 300 ppm de cadmium dans les aliments [pois sec]; Hughes et al., 2003) étaient supérieures à celles naturellement trouvées dans l'environnement des zones non industrialisées du Canada. En plus de ces doses, d'autres facteurs peuvent influencer les effets de l'exposition au cadmium des espèces sauvages, comme l'âge, un régime alimentaire pauvre en calcium et les différences possibles de sensibilité au cadmium entre les espèces (Larison et al., 2000; Schertz et al., 1991; Scheuhammer, 1987; World Health Organization, 1992).

On dispose de peu de renseignements à propos des effets toxicologiques sublétaux du cadmium sur les animaux sauvages. Des recherches sur une espèce de canard marin menées dans un endroit éloigné de l'Arctique ont montré qu'il y a peu d'effets nocifs, voire aucun, sur les taux de survie ou sur la croissance et le développement associés aux concentrations de cadmium dans le corps des oiseaux (Wayland et al., 2002, 2003, 2008). De même, les indicateurs de stress et des fonctions reproductives n'étaient pas liés à la concentration de cadmium observée dans une espèce de canard d'eau douce (Pollock & Machin, 2008, 2009). Un examen des reins de quatre espèces d'ongulés des Territoires du Nord-Ouest n'a révélé aucun signe d'effets sur la fonction chez les animaux pour lesquels la concentration rénale de cadmium s'élevait à environ 150 ppm en poids sec (Larter et al., 2016). Au site contaminé d'une mine d'or à Yellowknife (aux Territoires du Nord-Ouest), le cerveau du rat musqué et de l'écureuil roux présentait des signes de stress oxydatif, et le squelette du lièvre d'Amérique présentait des anomalies qui se rapportaient à une exposition élevée au cadmium (Amuno, Jamwal, et al., 2018; Amuno et al., 2020). Cependant, les espèces étudiées étaient aussi fortement exposées à l'arsenic provenant de la contamination minière, ce qui peut avoir contribué aux effets sur la santé observés ou en avoir été la cause principale. Il est difficile, dans les études écotoxicologiques sur le terrain, d'établir un lien entre les effets sur la santé et une exposition au cadmium, parce que les espèces sauvages sont généralement exposées à de multiples contaminants par leur alimentation, ce qui peut contribuer aux effets observés sur la santé. Le constat le plus couramment cité de toxicité par le cadmium chez des animaux sauvages dans d'autres pays est celui du lagopède (un oiseau) du Colorado (aux États-Unis), qui se nourrit de saule, une source naturellement riche en cadmium (Larison et al., 2000). Dans cette étude, 57 % des lagopèdes des populations fortement exposées présentaient des lésions rénales. Des concentrations élevées de cadmium ont également été observées chez des lagopèdes au Canada (Rodrigue et al., 2007), mais elles étaient inférieures à celles des oiseaux de l'étude réalisée au Colorado. Il n'existe pas de données sur les effets toxicologiques potentiels d'une exposition naturellement élevée au cadmium chez les lagopèdes du Canada.

Étant donné le peu d'observations toxicologiques portant sur les animaux sauvages, une évaluation des charges tissulaires de cadmium a été réalisée pour évaluer le risque potentiel de l'exposition au cadmium pour la santé des espèces sauvages au Canada. Des concentrations tissulaires seuils associées à des effets sublétaux nocifs ont été établies pour certains animaux (Tableau 9). Elles reposent sur des effets observés (par exemple dysfonctionnement des tissus ou du métabolisme) chez des animaux ayant une charge tissulaire connue, et sont couramment présentées sous forme de plage pour des types d'animaux particuliers, en raison de la variabilité entre les espèces et les études.

Tableau 9. Concentrations tissulaires critiques de cadmium dans des espèces sauvages, associées à des effets nocifs sublétaux chez des animaux vertébrés adultes.

Catégorie d'espèces sauvages	Tissu	Concentration tissulaire seuil (ppm en poids sec)	Concentration tissulaire (ppm en poids humide)	Source
Oiseaux	Reins	260 ^a	65	(Wayland & Scheuhammer, 2011)
Oiseaux	Foie	150 – 235 ^a	45 – 70	(Wayland & Scheuhammer, 2011)
Petits mammifères	Reins	105 – 210	30 – 60	(Cooke, 2011)
Mammifères marins	Reins	210 ^a	50	(Caurant, 2013)

^a La conversion à partir d'une concentration en poids humide a été réalisée à l'aide de facteurs tirés de Dietz et al. (1996).

Il est important de noter que le dépassement d'un seuil critique de concentration tissulaire suggère un risque accru d'effets toxicologiques, mais n'indique pas avec certitude une détérioration de la santé de l'animal. L'application de valeurs seuils obtenues dans des études en laboratoire à un éventail d'espèces sauvages peut ne pas fournir d'indications précises sur les risques pour la santé. En plus de la quantité de cadmium bioaccumulé, d'autres facteurs tels que l'âge, le régime alimentaire et la sensibilité de l'espèce influencent la toxicité du cadmium (World Health Organization, 1992). Par exemple, des mammifères marins au Groenland présentaient des concentrations de cadmium qui dépassaient grandement les seuils de risque, mais aucun signe clair de toxicité par le cadmium dans leurs reins (Dietz et al., 1998). En revanche, des effets subchroniques plus subtils, comme la suppression du système immunitaire, peuvent se produire à des concentrations tissulaires inférieures aux seuils du Tableau 9 (Desforges et al., 2016).

3.3.2 Concentrations de cadmium dans les espèces sauvages au Canada

Il existe de nombreuses données sur les concentrations de cadmium dans des espèces sauvages au Canada (Figure 38). Des renseignements détaillés sur les sources des données, les lieux de prélèvement et les espèces étudiées figurent à l'annexe 1. Le foie et les reins sont les tissus d'espèces sauvages les plus couramment analysés à la recherche de cadmium, et les concentrations y variaient considérablement, soit entre 0,02 et 75 ppm en poids sec et entre 0,03 et 226 ppm en poids sec, respectivement. Des concentrations plus élevées ont été observées dans les oiseaux marins et terrestres, les mammifères marins et les ongulés (animaux à sabots) par rapport aux oiseaux et mammifères aquatiques vivant dans des milieux d'eau douce et aux autres mammifères terrestres. Si l'on considère toutes les données disponibles relativement au foie des espèces sauvages au Canada (qui représentent 6 266 mesures), 95 % des concentrations moyennes de cadmium indiquées dans les études étaient inférieures à 50 ppm en poids sec. De même, 95 % des concentrations moyennes de cadmium dans les reins signalées dans les études sur les espèces sauvages étaient inférieures à 151 ppm en poids sec (1 384 mesures représentées). Ces concentrations se situent en général sous les concentrations tissulaires seuils notées dans le Tableau 9. Les concentrations de cadmium signalées les plus élevées ont été trouvées dans le foie d'un mammifère marin (le phoque annelé [*Pusa hispida*], 75 ppm en poids sec) et une espèce d'oiseau marin (le fulmar boréal [*Fulmarus glacialis*], 73 ppm en poids sec) ainsi que dans les reins d'un oiseau terrestre (le lagopède des saules [*Lagopus lagopus*], 214 à 226 ppm en poids sec). Les

différences dans les concentrations de cadmium chez les espèces sauvages dépendent de nombreux facteurs, notamment l'âge, le régime alimentaire, l'exposition au cadmium en fonction du lieu, et les variations physiologiques entre les espèces quant à leur capacité à éliminer ce métal de leur corps (Burger, 2008; Wayland & Scheuhammer, 2011).

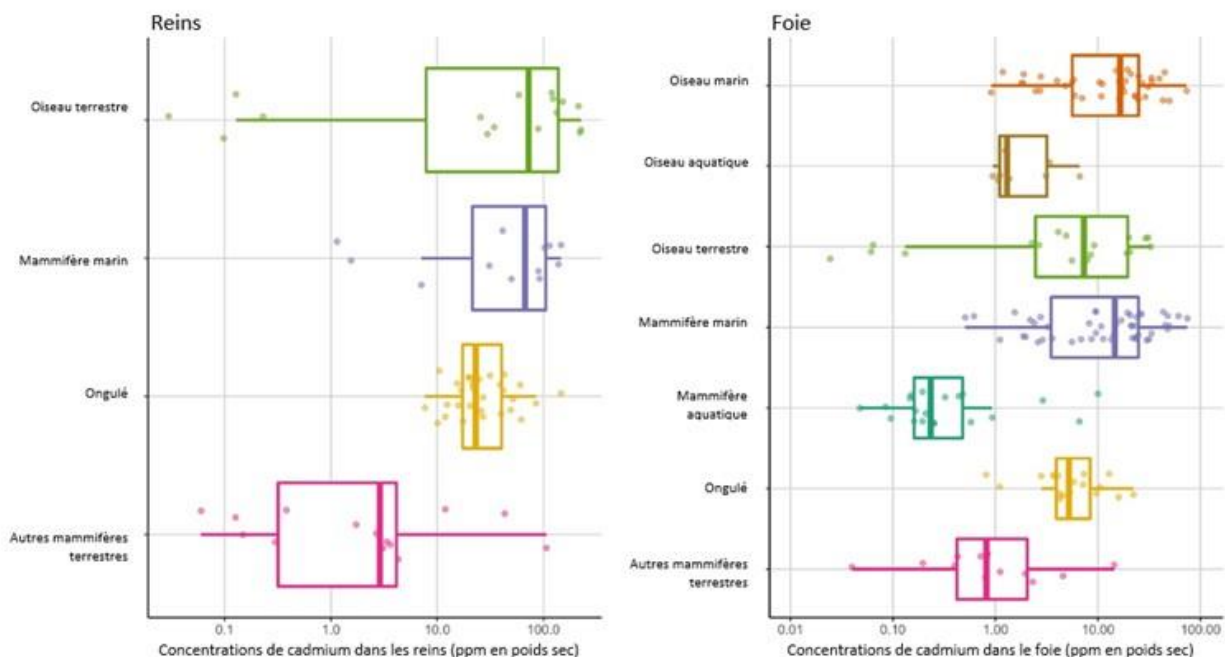


Figure 38. Concentrations de cadmium mesurées dans le foie et les reins d'espèces sauvages au Canada depuis 1994.

Le cadmium ne s'accumule généralement pas à des concentrations élevées dans d'autres tissus d'espèces sauvages. La teneur en cadmium du sang, des muscles et des œufs d'oiseaux est parfois si faible qu'elle est inférieure au seuil de détection analytique (Braune & Malone, 2006; Hargreaves et al., 2011; Pratte et al., 2015). Au Canada, elle est généralement inférieure à 0,5 ppm en poids sec dans les œufs d'oiseaux marins et terrestres (Pratte et al., 2015), tandis qu'elle varie entre 0,05 et 0,1 ppm en poids sec dans le sang d'oiseaux marins dans l'Arctique (Wayland et al., 2008; conversion à partir du poids humide en supposant une humidité de 90 %). Les oiseaux ayant une concentration de cadmium élevée dans leur sang tendent également à avoir une concentration élevée dans leurs reins, ce qui témoigne des différences d'exposition des individus (Wayland et al., 2001). De même, les os contiennent peu de cadmium, les concentrations signalées au Canada étant inférieures à 1 ppm en poids sec chez le wapiti (Parker & Hamr, 2001) et inférieures à 3 ppm en poids sec chez les bécasseaux (McFarland et al., 2002). Les muscles du gibier à plumes sédentaire, de la sauvagine et du gros gibier, qui peuvent être consommés par l'humain, présentent généralement des concentrations de cadmium inférieures à 1 ppm en poids sec, bien que des valeurs plus élevées ont été signalées pour le lagopède (Braune & Malone, 2006; Gamberg et al., 2005; Parker & Hamr, 2001).

Dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques du Canada, deux bio-indicateurs des espèces sauvages aquatiques et terrestres sont surveillés à la recherche de substances chimiques partout au Canada depuis 2008 (Figure 39). Le cadmium des œufs du goéland argenté (*Larus argentatus*), du goéland à ailes grises (*L. glaucescens*) et du goéland de Californie (*L. californicus*), toutes des espèces se nourrissant en milieu aquatique, ainsi que de l'étourneau sansonnet (*Sturnus*

vulgaris), un oiseau chanteur terrestre nichant près des centres urbains, a été évalué de 2008 à 2019. Les concentrations de cadmium dans les œufs des espèces se nourrissant en milieu aquatique (goélands) et de l'espèce se nourrissant en milieu terrestre (étourneau) étaient généralement très faibles partout au Canada durant cette période, et inférieures à 0,001 ppm en poids sec (Figure 40 et Figure 41). Sur les 196 mesures faites sur des œufs de goéland à la recherche de cadmium, 66,3 % ont donné des concentrations supérieures aux seuils de détection respectifs des méthodes. De même, sur les 214 mesures faites sur des œufs d'étourneau, 42,5 % ont donné des concentrations supérieures à ces seuils.

Il existe quelques données sur le cadmium dans les œufs de la tortue serpentine (*Chelydra serpentina*) au Canada. En 2004, les concentrations moyennes ($\pm$ l'écart-type) se situaient entre 0,0028 ($\pm$ 0,001) ppm et 0,0029 ($\pm$ 0,0013) ppm en poids sec à deux sites du lac Ontario et à un site éloigné du parc provincial Algonquin (d'après l'analyse de 3 à 25 nichées) (De Solla, non publié).

Une évaluation fondée sur la base de données disponible sur les espèces sauvages au Canada a révélé que toutes les concentrations de cadmium dans le foie d'oiseaux et la grande majorité (> 99 %) des concentrations dans les reins d'oiseaux, de petits mammifères et de mammifères marins étaient inférieures aux seuils d'un risque accru d'effets toxicologiques sublétaux indiqués dans le Tableau 9. Les concentrations rénales du lièvre arctique (106 ppm en poids sec) du Nunavut dépassaient légèrement le seuil inférieur pour les petits mammifères, tandis que les concentrations rénales du lagopède des saules (214 à 226 ppm en poids sec) approchaient le seuil pour les oiseaux, mais ne le dépassaient pas. Dans ces cas, la forte exposition au cadmium n'était probablement pas due à de la contamination humaine, mais plutôt à des concentrations naturellement élevées de cadmium dans l'environnement accumulées dans des plantes, lesquelles constituent la principale source de nourriture de ces animaux.

Fondée sur les meilleures données disponibles, cette évaluation laisse croire que les espèces sauvages au Canada ne sont en général pas susceptibles d'être exposées à des risques accrus d'effets toxicologiques sublétaux en raison de l'exposition au cadmium. Il existe peu de mesures du cadmium dans les espèces sauvages près des sources ponctuelles de rejets au pays, et des études toxicologiques approfondies pourraient être justifiées, en particulier pour les petits mammifères (Amuno, Al Kaissi, et al., 2018).

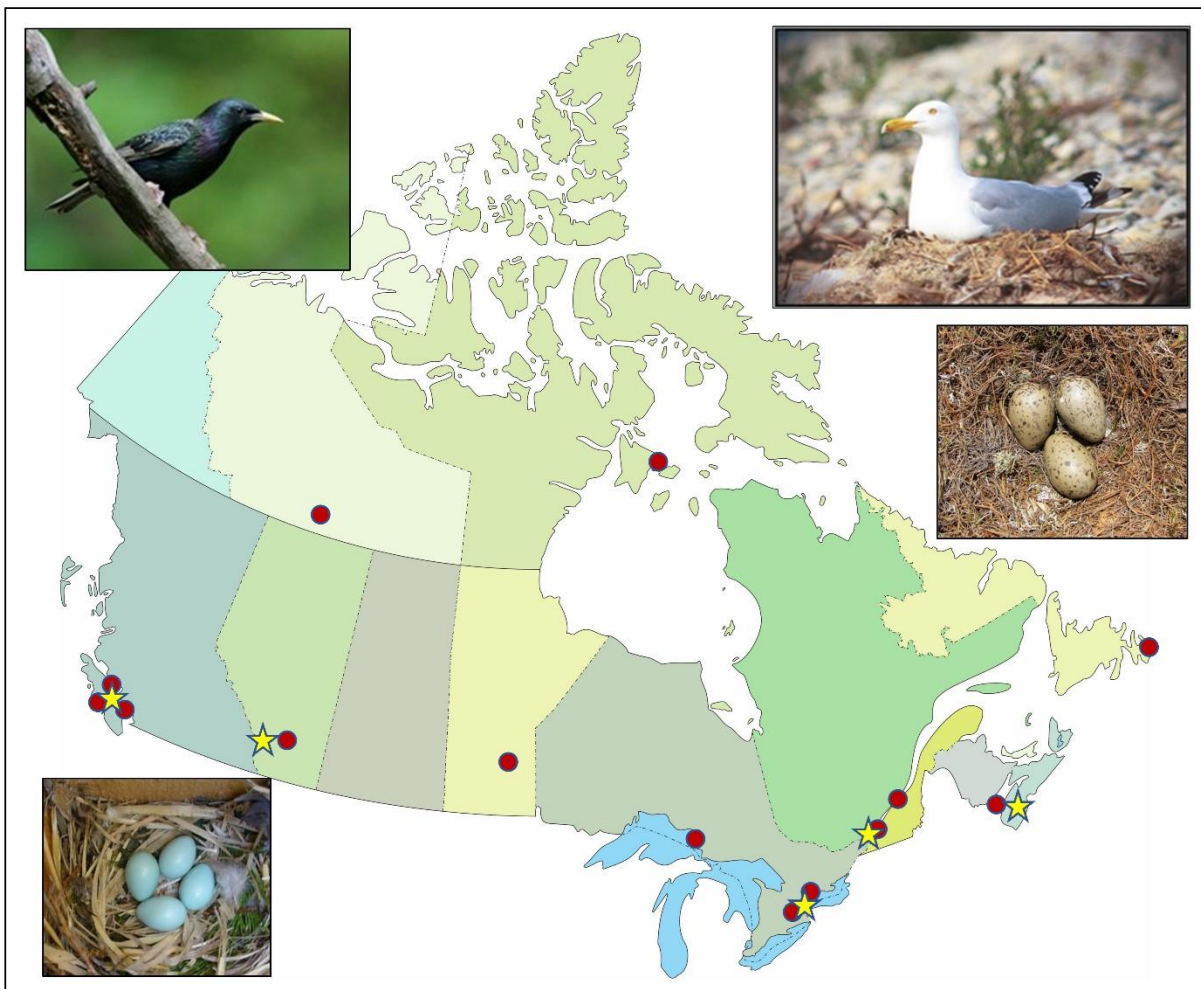


Figure 39. Lieux de surveillance des œufs dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques. Des œufs de goélands se nourrissant en milieu aquatique sont prélevés chaque année dans 14 colonies au Canada (cercles rouges) ainsi que dans 11 ou 12 colonies des Grands Lacs. Des œufs d'étourneaux (un indicateur de l'exposition terrestre) sont aussi prélevés chaque année dans cinq grandes régions métropolitaines (étoiles jaunes) et dans des nichoirs situés dans ces régions qui sont associés à trois types d'utilisation des terres : très près de sites d'enfouissement, dans des centres urbains ou industriels et à 10 à 40 kilomètres de zones urbaines ou industrielles (milieu rural).

3.3.3 Tendances temporelles du cadmium dans les espèces sauvages

Les changements des concentrations de cadmium trouvées dans les espèces sauvages au fil du temps donnent de l'information sur les changements de l'exposition environnementale qui peuvent, en partie, découler d'une augmentation ou d'une réduction de la charge de cadmium dans l'environnement. Quelques populations de caribous et de phoques annelés de l'Arctique canadien ont été régulièrement surveillées pendant 10 à 30 ans dans le cadre du [Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord](#) pour évaluer les tendances temporelles de la bioaccumulation des contaminants. Ce programme a été établi en 1991 en réponse à des préoccupations concernant l'exposition des humains à des concentrations élevées de contaminants dans les espèces sauvages qui constituent un élément important du régime alimentaire traditionnel des peuples autochtones nordiques. Les premières études ont révélé la présence d'une grande variété de substances, dont

beaucoup n'étaient pas de source arctique ou canadienne, mais qui atteignaient néanmoins des concentrations surprenamment élevées dans l'écosystème arctique (Gouvernement du Canada, 2022b). On disposait de séries chronologiques sur les concentrations de cadmium dans les reins du caribou de trois régions : la harde de la Porcupine dans le nord du Yukon (28 années de données entre 1990 et 2017), la harde de Qamanirjuaq dans l'ouest du Nunavut (13 années entre 2006 et 2018), et les hardes de Tay et de Finlayson dans le centre du Yukon (13 années entre 1992 et 2010). On a observé une tendance à la baisse statistiquement significative de 3 % par année de la concentration rénale de cadmium au cours des trois dernières décennies pour la harde de la Porcupine ($n = 645$, $p < 0,001$), mais aucune tendance temporelle pour les autres hardes de caribous étudiées. On disposait aussi de séries chronologiques des concentrations de cadmium dans le foie de phoques annelés du détroit de Lancaster (13 années de données entre 2000 et 2018) et de l'ouest de la baie d'Hudson (10 années entre 2008 et 2018) au Nunavut, mais on n'a observé aucune tendance temporelle pour ces populations. Ces résultats indiquent que l'exposition de ces populations de caribous et de phoques au cadmium dans les milieux terrestres et marins du nord du Canada n'a pas changé ou a légèrement diminué dans les dernières décennies.

Dans le cas des goélands surveillés conformément au Plan de gestion des produits chimiques, on a comparé les concentrations de cadmium mesurées dans les œufs de 10 colonies au cours de deux périodes : de 2008 à 2011 et de 2016 à 2019 (Figure 40). Bon nombre des échantillons d'œufs de goélands présentaient des concentrations très faibles, inférieures aux seuils de détection analytique, et les concentrations moyennes sont demeurées faibles pendant les deux périodes. Aucun signe probant d'augmentation générale de la bioaccumulation du cadmium n'a été trouvé pendant la période d'échantillonnage la plus récente. Une tendance similaire a été observée pour les étourneaux terrestres, selon une comparaison des concentrations de cadmium dans les œufs de 12 sites mesurées durant les deux mêmes périodes (Figure 41).

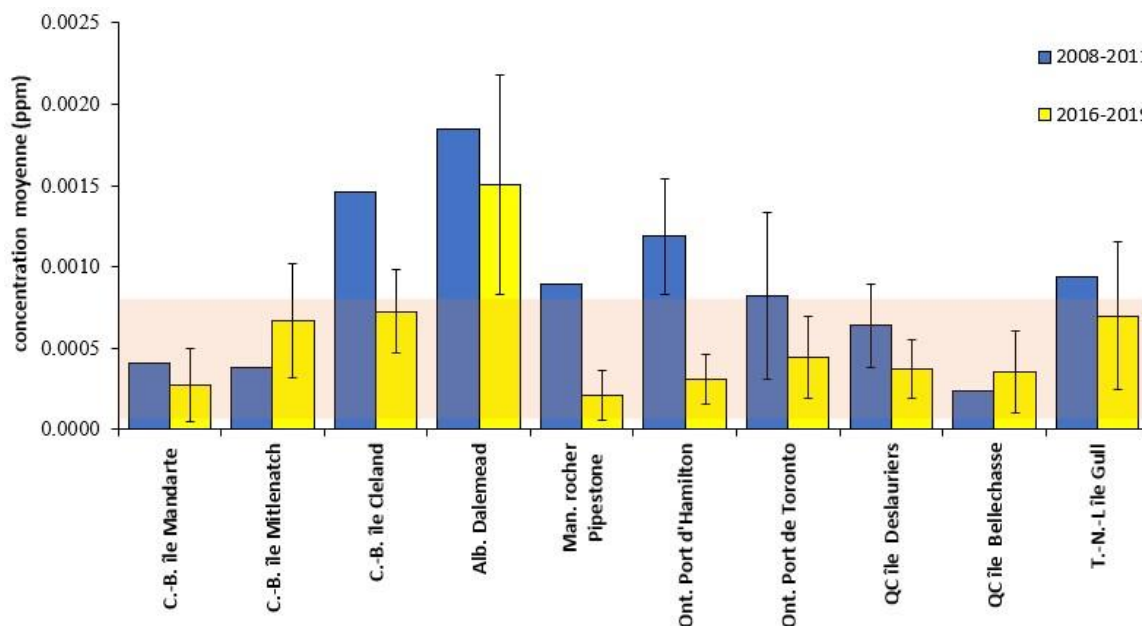


Figure 40. Comparaison des concentrations moyennes ($\pm$ l'écart-type) de cadmium dans les œufs de goélands prélevés entre 2008 et 2011 et entre 2016 et 2019 (ppm, poids sec). Les mesures ont été effectuées sur des échantillons groupés composés de multiples œufs, et la taille de l'échantillon pour les valeurs moyennes variait entre 1 et 11. La bande orange représente la plage des seuils de détection des méthodes employées durant l'étude.

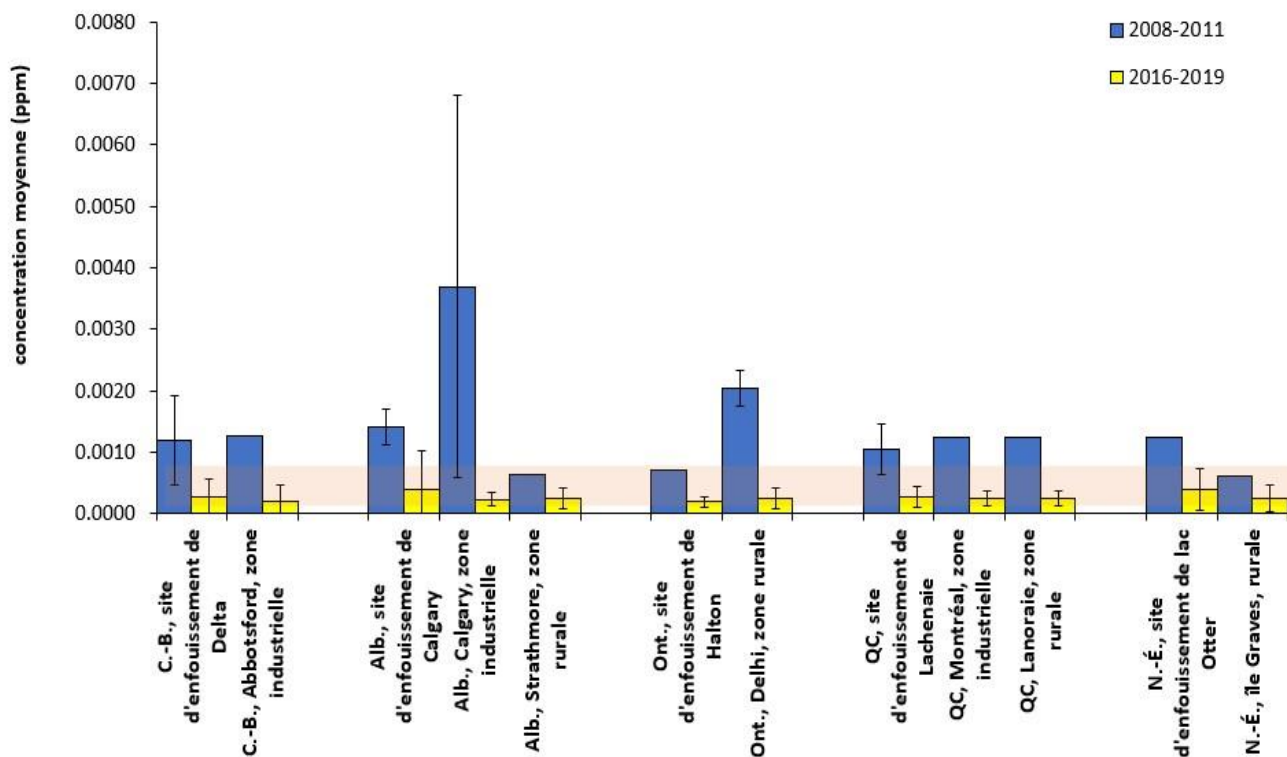


Figure 41. Comparaison des concentrations moyennes ($\pm$ l'écart-type) de cadmium dans les œufs d'étourneaux prélevés entre 2008 et 2011 et entre 2016 et 2019 (ppm, poids sec). Les mesures ont été effectuées sur des échantillons groupés composés de multiples œufs, et la taille de l'échantillon pour les valeurs moyennes variait entre 1 et 16. La bande orange représente la plage des seuils de détection des méthodes employées durant l'étude.

3.3.4 Tendances spatiales du cadmium dans les espèces sauvages

L'exposition des espèces sauvages au cadmium est différente pour les milieux marins, terrestres et d'eau douce au Canada (Figure 42). Les concentrations de cadmium les plus élevées dans le foie et les reins ont été trouvées chez les oiseaux et les mammifères marins dans les régions marines de l'Atlantique, du Pacifique ou de l'Arctique. Les espèces sauvages terrestres, y compris les oiseaux, les ongulés et les petits mammifères, présentent des concentrations tissulaires de cadmium très variées, mais se situant pour bon nombre entre celles des espèces sauvages marines et d'eau douce. Les concentrations les plus faibles ont été obtenues chez les espèces sauvages d'eau douce, y compris les oiseaux et les mammifères aquatiques. Une étude de la bioaccumulation du cadmium chez les oiseaux a noté de manière similaire que les oiseaux marins tendent à présenter les concentrations tissulaires les plus élevées par rapport aux oiseaux vivant dans des milieux terrestres et d'eau douce (Wayland & Scheuhammer, 2011).

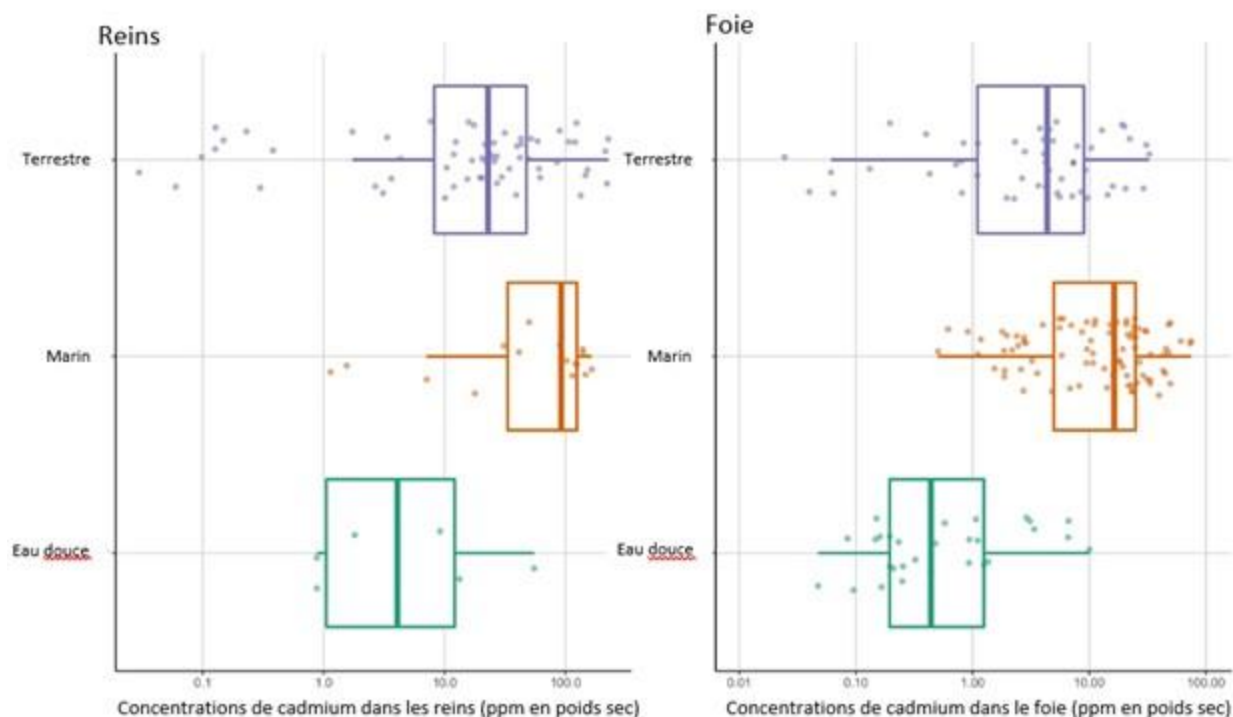


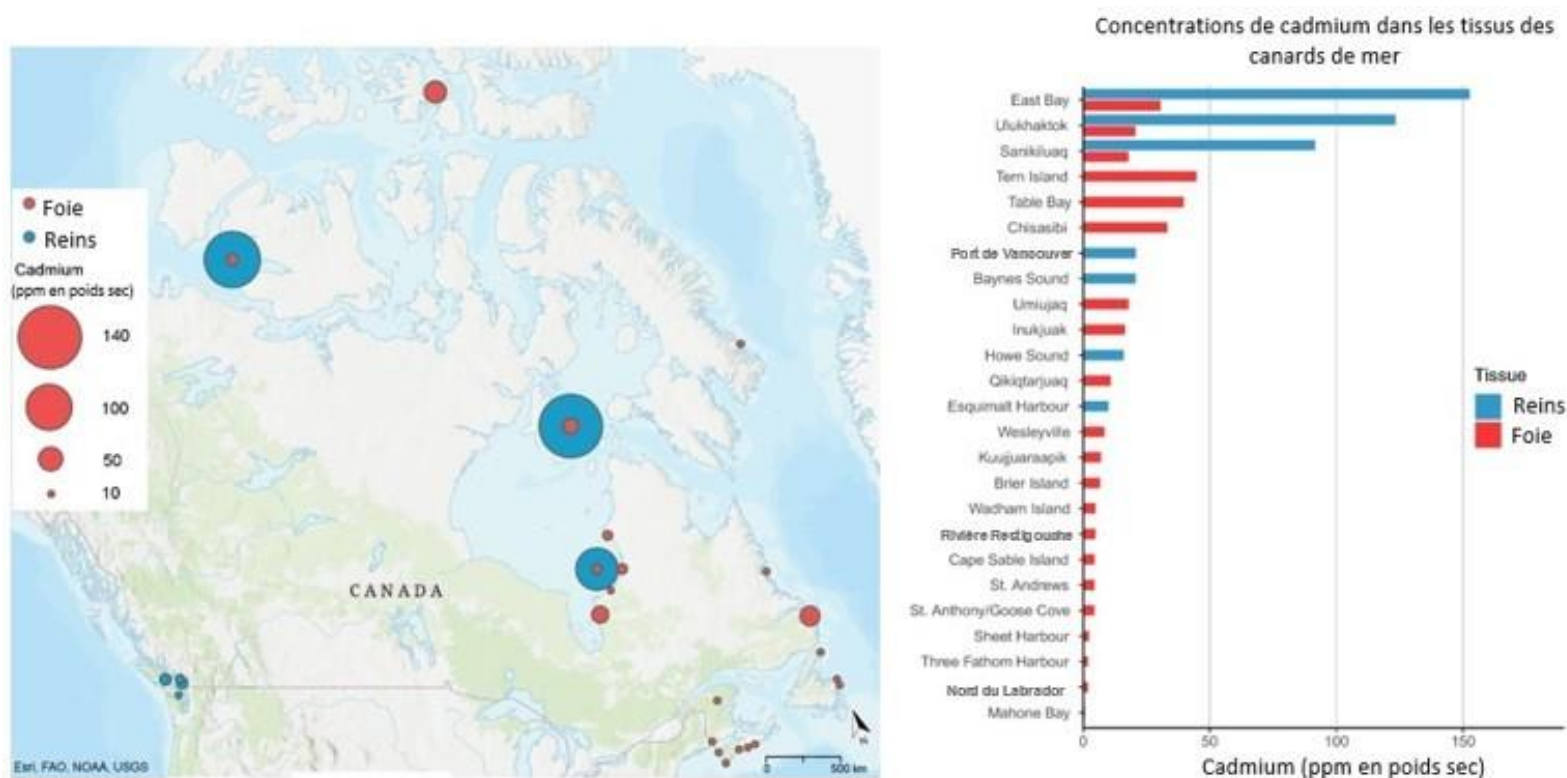
Figure 42. Comparaison des concentrations de cadmium dans le foie et les reins d'espèces sauvages se nourrissant dans des milieux marins, terrestres et d'eau douce au Canada.

Ces tendances reflètent probablement les processus naturels qui accroissent la biodisponibilité et l'absorption du cadmium à la base des réseaux trophiques marins et terrestres. Les invertébrés benthiques marins (des animaux sans colonne vertébrale), comme les moules, les huîtres et les escargots, absorbent efficacement le cadmium par leur alimentation et ont une faible capacité d'élimination de ce métal; ils peuvent donc présenter des concentrations élevées (Wang, 2002). Certains invertébrés marins vivant dans la colonne d'eau de l'océan peuvent aussi accumuler des concentrations élevées de cadmium (C. R. Macdonald & Sprague, 1988). Dans les milieux terrestres, les plantes diffèrent considérablement par leur absorption du cadmium. Le saule, en particulier, est connu pour accumuler ce métal (Ohlson & Staaland, 2001). Les concentrations élevées trouvées dans le saule augmentent l'exposition au cadmium des herbivores qui s'en nourrissent, comme l'orignal et le lagopède des saules (un oiseau) (Gamberg et al., 2005; Rodrigue et al., 2007).

Plusieurs espèces de canards de mer, qui ont une alimentation semblable à celle des invertébrés benthiques marins, présentent des concentrations de cadmium différentes selon la zone côtière du Canada (

Figure 43). Les espèces d'eiders et de macreuses avaient généralement des concentrations hépatiques ou rénales inférieures dans le sud de la Colombie-Britannique et les provinces de l'Atlantique, par rapport aux espèces d'eiders échantillonnées dans la baie d'Hudson et les îles de l'Arctique. Il n'est pas clair si cette tendance spatiale témoigne d'un effet géographique d'une exposition au cadmium supérieure dans les sites arctiques ou de l'influence de facteurs associés au cycle de vie annuel. Les canards de mer sont généralement migrateurs, et les oiseaux des sites de l'Arctique ont été échantillonnés pendant la période de reproduction, tandis que les oiseaux des côtes du Pacifique et de l'Atlantique ont été échantillonnés pendant la période d'hivernage, soit en dehors de la période de reproduction. La bioaccumulation du cadmium dans les canards de mer

dépend de l'exposition à cette substance due aux aliments trouvés localement dans les sites de reproduction nordiques et les lieux d'hivernage à de plus basses latitudes (Gurney et al., 2014). De plus, les changements physiologiques survenant pendant la reproduction, comme la perte de poids, peuvent influencer les concentrations de cadmium dans les canards de mer, ce qui peut fausser les comparaisons entre les oiseaux nicheurs et non nicheurs (Wayland et al., 2005). Il est possible que les concentrations plus élevées dans les canards de mer des sites de l'Arctique soient le signe d'une exposition accrue, puisque des concentrations élevées de cadmium ont été signalées dans le biote marin de l'Arctique canadien et du Groenland, lesquelles sont attribuées à des processus géochimiques naturels plutôt qu'à des charges accrues provenant de sources anthropiques (AMAP, 2005; R. W. Macdonald et al., 2000). Une étude des phoques annelés a révélé que les tendances spatiales du cadmium hépatique étaient liées à des différences dans l'alimentation, les concentrations trouvées chez les phoques qui se nourrissent d'invertébrés marins étant supérieures à celles trouvées chez ceux qui se nourrissent de poissons (Brown et al., 2016). Il est aussi possible que les influences géologiques aient joué un rôle dans les charges supérieures de cadmium trouvées chez le phoque annelé de l'est de l'Arctique par rapport au phoque de l'ouest de l'Arctique

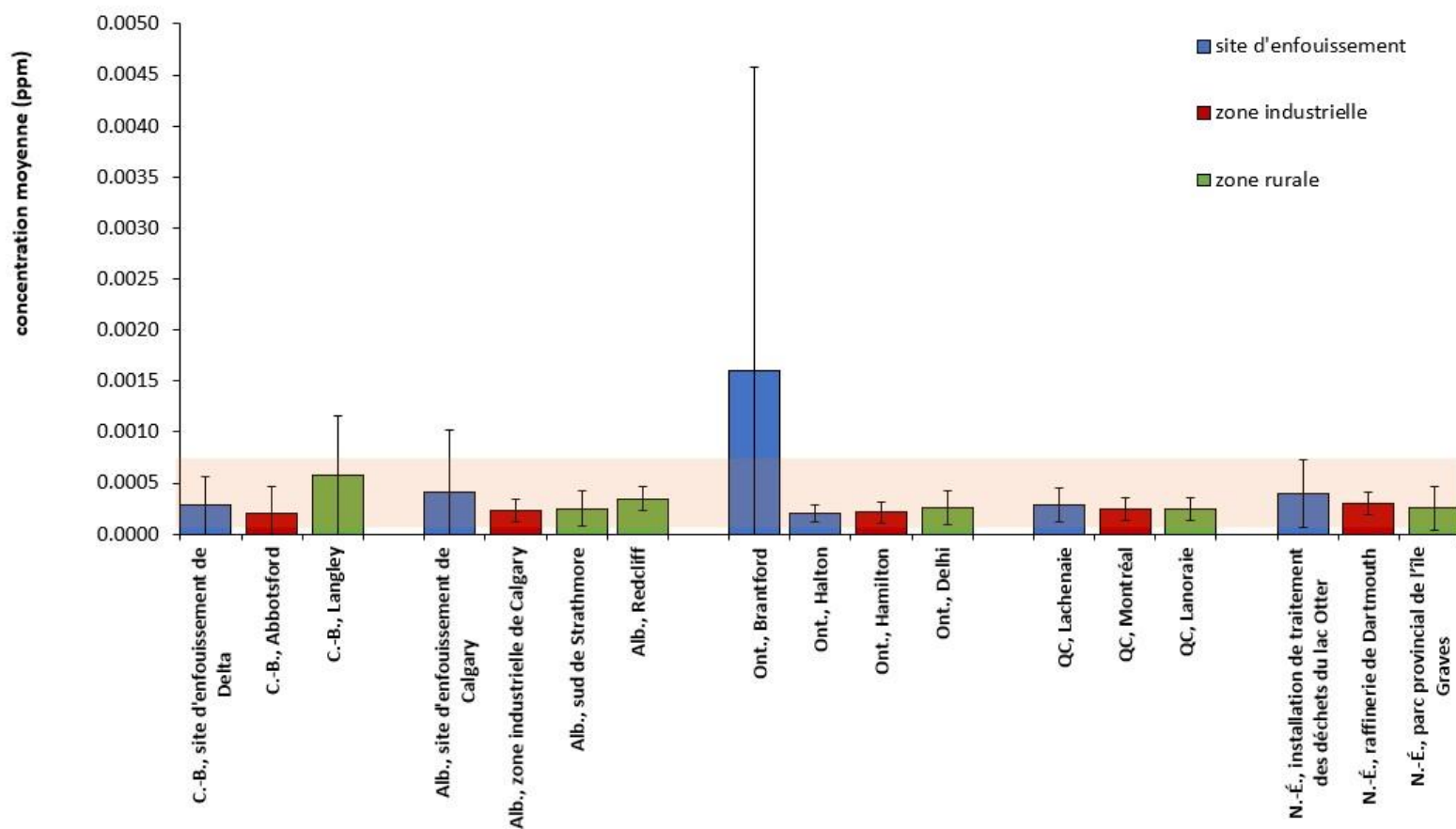


(Brown et al., 2016).

Figure 43. Tendances spatiales des concentrations de cadmium dans le foie et les reins de canards de mer échantillonnés sur les côtes de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Arctique du Canada. Les valeurs indiquées pour chaque endroit sont la moyenne des mesures prises sur une espèce d'eider ou de macreuse, qui se nourrit d'invertébrés benthiques marins. La taille médiane des échantillons pour chaque endroit était de 10 (plage allant de 3 à 73).

Dans le cadre de la surveillance réalisée conformément au Plan de gestion des produits chimiques, durant laquelle les facteurs de confusion du cycle de vie annuel des oiseaux ont été pris en compte,

les concentrations de cadmium trouvées dans les œufs de goélands étaient faibles dans les sites côtiers et intérieurs partout au Canada, et rien n'indiquait que des endroits présentaient une bioaccumulation élevée. La concentration moyenne la plus élevée (0,0015 ppm) a été obtenue dans des œufs de goélands prélevés entre 2016 et 2019 à Dalemhead, en Alberta. Un léger écart de concentration dans les œufs a été constaté entre les colonies où les goélands se nourrissent dans des milieux marins (c'est-à-dire, trois colonies de la Colombie-Britannique; la baie East, au Nunavut; l'île Kent, au Nouveau-Brunswick; et l'île Gull, à Terre-Neuve-et-Labrador) (0,00063 ppm) et celles où les goélands se nourrissent dans des milieux d'eau douce (les 13 autres colonies) (0,00056 ppm). Dans le cas de l'étourneau, les concentrations de cadmium dans les œufs étaient faibles et se ressemblaient en général dans les endroits situés près de sites d'enfouissement, près de sites industriels et dans les zones rurales, ce qui laisse croire que l'exposition au cadmium diffère peu entre les sites d'étourneaux au Canada ou entre les trois types d'utilisation des terres (Figure 44). La concentration la plus élevée (0,0061 ppm) a été obtenue dans un échantillon groupé d'œufs



d'étourneaux provenant d'un site d'enfouissement à Brantford (Ontario).

Figure 44. Concentrations moyennes ($\pm$ l'écart-type) de cadmium dans les œufs d'étourneaux prélevés à des sites canadiens entre 2016 et 2019 (ppm, poids sec). Trois types d'utilisation des terres sont indiqués. Les mesures ont été effectuées sur des échantillons groupés composés de multiples œufs, et la taille de

l'échantillon pour les valeurs moyennes variait entre 3 et 16 pour chaque site. La bande orange représente la plage des seuils de détection des méthodes employées durant l'étude.

Les activités humaines, en particulier la fusion et l'affinage de métaux non ferreux, sont des sources importantes d'émissions de cadmium au Canada (comme indiqué à la section 2). Des concentrations tissulaires élevées de cadmium ont été trouvées chez le rat musqué à des sites près de fonderies de minerai à Sudbury, en Ontario (Parker, 2004), et chez le lièvre d'Amérique près d'une mine d'or à Yellowknife, aux Territoires du Nord-Ouest (Amuno, Jamwal, et al., 2018). D'autres études de l'exposition d'espèces sauvages à des métaux provenant d'une mine de plomb et de zinc au Nunavut et d'une mine d'uranium dans le nord de la Saskatchewan n'ont montré aucun accroissement de la bioaccumulation du cadmium chez le lièvre ou l'orignal à proximité de ces complexes (Amuno et al., 2016; Thomas et al., 2005). Dans la région des sables bitumineux du nord de l'Alberta, les petits mammifères et l'hirondelle bicolore (*Tachycineta bicolor*) ne présentaient pas de signe d'une exposition élevée au cadmium près des complexes miniers de bitume (Godwin et al., 2016; Rodríguez-Estival & Smits, 2016). La bioaccumulation du cadmium rejeté par les activités humaines est liée à la quantité de cadmium déposée dans le milieu récepteur ainsi que des conditions environnementales propres au site qui influencent la biodisponibilité du cadmium pour le biote. Par exemple, l'acidification des sols peut augmenter l'absorption du cadmium par les plantes des milieux terrestres (Muhammad et al., 2012), ce qui peut donner lieu à une exposition accrue des herbivores.

Constats et recommandations

Le cadmium se bioaccumule surtout dans les reins et le foie des animaux vertébrés. Les concentrations variaient entre les espèces sauvages au Canada, des concentrations plus élevées ayant été trouvées chez les animaux marins par rapport à ceux des écosystèmes terrestres et d'eau douce.

La surveillance des tendances temporelles des concentrations de cadmium dans les populations de caribous et de phoques annelés a indiqué que l'exposition au cadmium des espèces sauvages dans les milieux terrestres et marins du nord du Canada n'a pas changé ou a légèrement diminué au cours des deux à trois dernières décennies. La surveillance du cadmium dans les œufs de goélands et d'étourneaux pendant deux périodes (2008 à 2011 et 2016 à 2019) a montré des concentrations demeurant faibles pendant les deux dernières décennies à des sites répartis dans tout le Canada.

Les concentrations de cadmium dans les œufs d'étourneaux étaient faibles et semblables à des endroits situés près de sites d'enfouissement, près de sites industriels et dans des zones rurales, ce qui laisse croire que l'exposition au cadmium diffère peu pour les étourneaux entre ces trois types d'utilisation des terres. Quelques données indiquant des concentrations tissulaires élevées de cadmium chez les espèces sauvages près de fonderies de minerai et de sites miniers ont été publiées.

Il existe peu d'information sur les effets toxicologiques sublétaux du cadmium sur les animaux sauvages au Canada. Selon les données disponibles sur les concentrations de cadmium dans les tissus d'espèces sauvages présentées à cette section, les espèces sauvages au Canada courent probablement, de manière générale, un faible risque d'effets toxicologiques sublétaux dus à l'exposition au cadmium.

Il est recommandé :

- que des mesures supplémentaires du cadmium dans les espèces sauvages soient faites près des sources ponctuelles de rejets au Canada;
- que d'autres études toxicologiques sur les effets du cadmium sur les espèces sauvages soient envisagées, en particulier pour les petits mammifères.

3.4 Conclusion sur le cadmium dans l'environnement

Les niveaux de rejets industriels ont baissé, et les concentrations dans l'environnement ont largement suivi la même tendance. Selon l'INRP, la majorité du cadmium rejeté par les industries se retrouve dans l'air, et le dépôt atmosphérique semble être un contributeur important aux concentrations de cadmium dans le milieu aquatique de certaines régions. Les concentrations dans les sédiments au Canada représentent la principale cause de préoccupations par rapport aux autres milieux environnementaux, parce qu'elles dépassent les concentrations seuils produisant un effet et les concentrations produisant un effet probable à plusieurs endroits. Les Grands Lacs, certaines parties du Saint-Laurent et le secteur de l'Atlantique, en particulier, ont des concentrations médianes supérieures aux concentrations recommandées. Cependant, il importe de tenir compte de la biodisponibilité du cadmium pour évaluer les effets sur l'environnement, comme le montrent les tendances contradictoires dans les données relatives à l'eau, aux poissons et aux sédiments dans la région des Grands Lacs.

Il est difficile de comparer l'échantillonnage réalisé dans différents milieux, car les prélèvements sont souvent faits à des endroits et à des moments différents. La région des Grands Lacs est la mieux étudiée et celle pour laquelle on dispose des ensembles de données les plus complets. Quand on observe les données sur tous les milieux environnementaux, il semble que le lac Érié et les voies interlacustres des Grands Lacs d'aval soient plus fortement touchés par la pollution par le cadmium que d'autres régions du Canada. Cela est mis en évidence par les observations de concentrations atmosphériques plus élevées de cadmium dans la région des Grands Lacs (Windsor, Hamilton) par rapport à d'autres régions, des concentrations dans les sédiments très supérieures aux concentrations seuils produisant un effet, surtout dans le bassin occidental, des dépassements des recommandations pour la qualité des eaux, et des observations de concentrations plus élevées dans les poissons de cette région que dans ceux d'autres régions. Cependant, les concentrations de cadmium observées dans les espèces sauvages n'étaient pas plus élevées dans la région des Grands Lacs qu'ailleurs au Canada.

Des concentrations plus élevées de cadmium ont été observées dans les espèces sauvages, les poissons et les sédiments près de sites actifs et fermés de mines et de fonderies (par exemple fleuve Columbia, fleuve Saint-Laurent, Grands Lacs, Kejimikujik) et de lieux de transport de minerais (par exemple Québec). Les données sur l'exploitation minière de métaux ont montré que les concentrations de cadmium dans les effluents et les concentrations dans les zones exposées étaient en déclin, bien que quelques zones exposées et de référence présentent des concentrations supérieures aux recommandations pour la qualité de l'environnement. Les concentrations de cadmium dans l'air, les poissons et les espèces sauvages ne semblent pas plus élevées près des activités d'exploitation des sables bitumineux qu'ailleurs au Canada. Ces constats concordent avec les données sur les rejets citées à la section 2, qui indiquent que le secteur des métaux et du minerai est la principale source des rejets de cadmium et que la production pétrolière et gazière a une contribution très inférieure. On ne disposait pas de données sur le cadmium dans l'environnement près d'autres sources industrielles.

D'autres points chauds et sources industrielles pourraient être cernés à mesure que le travail de détermination des sources de contaminants préoccupants se poursuit dans les zones d'habitat essentiel des baleines en voie de disparition et de leurs proies. Les données de l'OIPABP laissent à penser qu'il pourrait y avoir des sources de rejets de cadmium qui ne sont pas actuellement comptabilisées dans les inventaires fédéraux des rejets et que le ruissellement des eaux de surface pourrait contribuer de façon importante aux concentrations de cadmium dans le bassin du Fraser et le Saint-Laurent.

Il semble que le cadmium est présent dans tous les milieux environnementaux à des concentrations relativement faibles partout au Canada, sauf dans quelques points chauds. Les concentrations trouvées dans les animaux terrestres sont généralement inférieures à celles censées causer des effets toxicologiques sublétaux. Toutefois, les effets du cadmium à de très faibles concentrations n'ont pas été bien étudiés chez les animaux sauvages, et il pourrait y avoir des effets potentiels sur le comportement ou des réponses immunitaires qui ne sont pas manifestes dans les nécropsies. De même, les effets sur les poissons ne sont pas clairs, car on ne connaît aucune recommandation indiquant à quelles concentrations le cadmium contenu dans le corps des poissons entraîne des effets négatifs pour la santé. Le cadmium ne semble pas se bioamplifier, ce qui signifie que les effets nocifs observés en raison de concentrations élevées dans les sédiments peuvent ne pas être apparents chez les poissons se nourrissant de petits invertébrés aquatiques qui vivent dans les sédiments et se situent en bas de la chaîne alimentaire. De plus, il est difficile d'estimer la charge relative de cadmium dans le mélange de contaminants auquel les espèces sauvages sont exposées.

4 Gestion des risques

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* permet au gouvernement du Canada de prendre des mesures afin de gérer les risques des substances toxiques pour l'environnement et la santé humaine. Rappelant l'approche suivie conformément à la Politique de gestion des substances toxiques et au Plan de gestion des produits chimiques, la section suivante décrit les mesures de gestion des risques pertinentes prises pour les composés inorganiques de cadmium dans le but de fournir l'information qui sera utilisée à la section 6 pour évaluer les progrès réalisés dans l'exécution de l'approche de gestion des risques et l'objectif en la matière. Bien que les efforts des provinces et des territoires ont contribué de façon importante à réduire les émissions et les rejets de cadmium dans l'environnement, ils dépassent la portée du présent rapport, qui s'axe uniquement sur les mesures du gouvernement fédéral.

4.1 Mesures de gestion des risques

Les mesures de gestion des risques mises en place par le gouvernement pour contrôler les rejets de substances dans l'environnement sont également appelées instruments de gestion des risques et peuvent comprendre : des politiques, des recommandations, des avis de planification de la prévention de la pollution, des ententes sur la performance, des textes législatifs et d'autres mesures. Un examen des instruments de gestion des risques fournira des renseignements indiquant si le gouvernement a pris des mesures permettant d'atteindre l'objectif de gestion des risques. Les indicateurs comprendront le nombre d'instruments élaborés à l'égard des rejets de cadmium dans l'environnement ainsi que la proportion de ces instruments qui visent les principales voies de rejets préoccupantes mentionnées dans l'évaluation de 1994.

Pour effectuer cette évaluation, un examen du [registre de la LCPE](#) et des [documents du Conseil canadien des ministres de l'environnement](#) a été entrepris comme premier exercice. Des

recherches subséquentes dans la littérature ont également été faites. À la lumière de l'approche de gestion des risques des substances de la voie 2, les instruments de gestion des risques ont été intégrés à la présente section s'ils :

- contrôlent les émissions ou les rejets d'une source ou d'un secteur préoccupant mentionné dans l'évaluation de 1994;
- visent directement les rejets ou les émissions de cadmium ou établissent une recommandation, une limite ou un seuil pour les rejets de cadmium de secteurs préoccupants;
- donnent lieu à un avantage connexe quant au cadmium d'une source ou d'un secteur préoccupant donné, par exemple la réduction des matières particulaires provenant des activités de combustion;
- contrôlent la toxicité générale des rejets dans un secteur préoccupant qui contribue de façon importante aux rejets de cadmium;
- sont liés à l'une des tables de concertation du Processus des options stratégiques.

Étant donné la longue période examinée dans cette évaluation, les instruments qui ne sont plus en vigueur peuvent encore être pertinents pour déterminer le rendement global des mesures de gestion des risques s'ils ont contribué à réduire le cadmium lorsqu'ils étaient en vigueur.

L'évaluation tiendra également compte de la proportion d'instruments qui ont atteint leurs cibles et objectifs, lorsque des renseignements sont disponibles. Cela indiquera si les instruments ont porté fruit et fournira de l'information contextuelle utile à l'évaluation globale de l'approche de gestion des risques. Par exemple, on pourrait établir des liens entre le succès des instruments et les tendances des rejets industriels.

De plus, lorsqu'il est possible de le faire, les renseignements sur la proportion d'installations utilisant les meilleures technologies et pratiques environnementales disponibles seront pris en compte pour évaluer l'objectif de gestion des risques. Cette proportion indiquera si des progrès ont été faits vers cet objectif, qui consiste à réduire les rejets de cadmium au plus faible niveau techniquement et économiquement possible.

Pour faciliter la consultation, les mesures ont été groupées par secteurs industriels.

4.1.1 Production de métaux et de minéraux

4.1.1.1 Fusion et affinage de métaux communs

La fusion et l'affinage de métaux communs désignent la production, à partir de matériaux bruts provenant principalement de minerai, d'un ou de plusieurs des métaux suivants : cobalt, cuivre, plomb, nickel et zinc. Des processus comme la pyrométallurgie ou l'hydrométallurgie sont couramment employés. Les processus primaires de fusion et d'affinage produisent des métaux directement à partir des concentrés de minerai, tandis que les processus secondaires en produisent à partir de résidus et de déchets. Les installations de fusion et d'affinage de métaux communs rejettent diverses substances figurant sur la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Il s'agit notamment de rejets atmosphériques de matières particulaires contenant du cadmium. En raison de ces rejets, le gouvernement travaille à réduire la pollution de ce secteur depuis le milieu des années 1970. Comme indiqué à la section 2, le secteur de la fusion et de l'affinage de métaux communs est invariablement responsable de la majorité des rejets de cadmium dans l'air.

De ce fait, ce secteur a été visé par le Processus des options stratégiques mené en 1996-1997. Ce processus a donné lieu à un rapport sur les options stratégiques (ROS), duquel ont découlé

10 recommandations pour la gestion des substances toxiques du secteur, notamment l'élaboration de normes de rendement écologique (Gouvernement du Canada, 2002).

Sept des 10 recommandations concernent la gestion des risques du cadmium et peuvent être résumées comme suit :

Recommandation 1 – Objectifs et délais de réduction des rejets : Réduire les rejets totaux d'arsenic, de cadmium, de plomb, de mercure et de nickel du secteur de la fusion des métaux communs de 80 % par rapport aux niveaux de 1988 d'ici 2008 et de 90 % après 2008 par des méthodes techniquement et économiquement praticables.

Recommandation 2 – Normes environnementales : Élaborer des directives pancanadiennes relatives à la qualité de l'eau et de l'air ambiant dans l'environnement pour les substances préoccupantes dans les fonderies de métaux communs; concevoir des directives appropriées de rendement écologique des sources pour les rejets dans l'atmosphère et l'eau en tenant compte des meilleures techniques disponibles d'application rentable en matière de prévention de la pollution et de réduction des rejets dans le cas des fonderies nouvelles ou existantes, directives qui s'appliqueraient au plus tard en 2000; établir des protocoles de mesure et de déclaration des rejets; et offrir aux intervenants des occasions appropriées d'aider à l'élaboration des directives et des protocoles en matière d'environnement.

Recommandation 3 – Plans de gestion de l'environnement particuliers aux établissements : Élaborer et appliquer des plans de gestion de l'environnement particuliers aux établissements en cause et évaluer l'efficacité de ces plans en 2001.

Recommandation 4 – Uniformité des données et de leur déclaration : Instituer et mettre en usage des méthodes de référence pour la surveillance des rejets, des programmes d'assurance et de contrôle de qualité et une vérification indépendante du système de surveillance et de déclaration pour soutenir l'application des directives du Conseil canadien des ministres de l'environnement.

Recommandation 5 – Collaboration fédérale-provinciale : Élaborer une approche coordonnée qui prévient le double emploi dans l'application de mesures écologiques pour le secteur.

Recommandation 8 – Recherche-développement : Entreprendre en collaboration des programmes de recherche scientifique en vue de caractériser les rejets des fonderies, de valider des modèles prévisionnels, d'étudier les comportements et les effets environnementaux et de trouver et mettre au point des possibilités et des techniques de prévention de la pollution.

Recommandation 10 – Examen public : Lancer en l'an 2001 un mécanisme d'examen public en vue de l'évaluation des progrès et de l'efficacité de l'application des recommandations du ROS. Dans cette évaluation, on devrait s'attacher à la gestion des substances LCPE rejetées par les fonderies de métaux communs et ainsi juger si d'autres mesures s'imposent.

En réponse à ces recommandations, le gouvernement a commandé plusieurs rapports afin de recueillir des renseignements et de faciliter l'élaboration de normes environnementales, de

pratiques exemplaires et de possibilités et techniques de prévention de la pollution¹³. De plus, Environnement Canada a tenu deux ateliers publics nationaux sur le rendement du secteur des métaux communs et l'élaboration de normes de rendement écologique pour ce secteur. Ces travaux ont donné lieu à la formation d'un groupe consultatif environnemental multilatéral pour les fonderies de métaux communs qui a participé à la conception du *Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affineries de métaux communs* et d'un avis de planification de la prévention de la pollution pour le secteur.

Code de pratiques pour les fonderies et affineries de métaux communs

Le [*Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affineries de métaux communs*](#) a été publié en 2006, d'après les recommandations émanant du rapport sur les options stratégiques. Ses objectifs sont de déterminer et de promouvoir des pratiques recommandées à titre d'exigences pour les nouvelles installations et d'objectifs d'amélioration permanente pour les installations existantes. Il décrit les activités opérationnelles de ce secteur industriel et les préoccupations environnementales qu'elles soulèvent. Il présente 38 recommandations liées à la conception et à la mise en place de systèmes de gestion environnementale, à la prévention des émissions atmosphériques, des effluents d'eaux usées et des déchets, et à la lutte contre ces émissions. Il comprend des objectifs recommandés pour la qualité de l'air ambiant relatifs à certains polluants, dont le cadmium. Cet objectif pour le cadmium est de 2 µg/m³ en moyenne sur une période de 24 heures.

Progrès à ce jour : Le code de pratiques n'exige pas la déclaration. Cependant, les installations visées par l'avis de planification de la prévention de la pollution pour les fonderies et affineries de métaux communs et les usines de traitement du zinc, de même que par les ententes sur la performance environnementale (abordées plus loin), sont tenues de présenter annuellement un rapport sur les progrès de la mise en œuvre des 38 recommandations du code.

Ces rapports, soumis conformément à l'avis de planification de la prévention de la pollution, sont obtenus de la plupart des installations depuis 2006. Entre 2006 et 2018, les 11 fonderies de métaux communs avaient dans l'ensemble pleinement mis en œuvre plus de 80 % des recommandations applicables, en moyenne, et étaient conformes au code de pratiques.

Avis de planification de la prévention de la pollution

En 2006, le gouvernement du Canada a publié son [*Avis obligeant l'élaboration et l'exécution de plans de prévention de la pollution à l'égard de certaines substances toxiques émises par les fonderies et affineries de métaux communs et les usines de traitement du zinc*](#) en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Cet avis obligeait le secteur de la fusion et de l'affinage des métaux communs à élaborer et à exécuter des « plans de prévention de la pollution » avant le 31 décembre 2015. L'objectif de gestion des risques visé par cet avis était d'envisager l'application des meilleures techniques disponibles pour prévenir la pollution et lutter contre celle-ci afin d'éviter ou de réduire au minimum les polluants et les déchets et de réduire le risque pour l'environnement ou la santé humaine.

¹³ Par exemple : Hatch Associates, *Review of Environmental Releases for the Base Metals Smelting Sector*, préparé pour Environnement Canada, daté de novembre 2000; Hatch Associates, *Review of Environmental Management Practices and Environmental Releases for the Base Metals Smelting Sector*, préparé pour Environnement Canada, daté du 15 janvier 2001.

Dans l'avis de planification de la prévention de la pollution (P2), des cibles annuelles de rejets atmosphériques de matières particulaires, qui contiennent des métaux comme le cadmium, ont été établies pour des installations particulières, pour 2008 et 2015. Le secteur devait réduire ses métaux totaux (recommandation 1 du rapport sur les options stratégiques de 1997), mais aucune cible précise n'avait été fixée pour les rejets de cadmium puisque le contrôle des émissions de matières particulaires avait été jugé suffisant pour contrôler les émissions de ce métal.

La prévention de la pollution vise à éviter la création de polluants plutôt qu'à tenter de gérer ceux-ci après leur création. Il a été demandé aux installations qu'elles accordent la priorité, lors de l'élaboration de leurs plans, aux méthodes de prévention de la pollution telles que les « modifications de l'équipement ou du procédé », les « bonnes pratiques d'exploitation et formation », la « substitution de matériaux ou de matières premières », etc., et qu'elles envisagent d'utiliser des méthodes de lutte antipollution pour gérer la pollution produite au cours du processus industriel. De plus, elles devaient tenir compte des recommandations du rapport *Options stratégiques pour la gestion des substances toxiques des fonderies des métaux communs* et du *Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affinerie de métaux communs* dans l'élaboration et l'exécution de leurs plans de prévention de la pollution, comme l'indiquent les sections ci-dessus. Quelques installations ont présenté des demandes et obtenu la [prorogation du délai](#) d'exécution de leurs plans de prévention de la pollution jusqu'au 31 décembre 2018.

Progrès à ce jour : L'avis de planification de la P2 a pris fin en décembre 2018. L'exécution des plans de P2 a entraîné une réduction des émissions des substances toxiques visées par rapport à l'année de référence 2005. Entre 2005 et 2018, on constate une diminution de 89 % (28 t) des émissions de cadmium et une réduction totale des métaux de 93 % par rapport à 1988, ce qui dépasse les recommandations du rapport sur les options stratégiques. Le rapport final sur le rendement de l'avis de planification de la P2 indique que les émissions totales de métaux de sept installations ont diminué par rapport aux niveaux de 2005, mais que celles de deux installations ont augmenté (Figure 455) (Environnement et Changement climatique Canada, 2022f). Les neuf installations devant atteindre une cible relative aux matières particulaires ont atteint celle-ci en 2008, et huit sur neuf ont atteint celle de 2015.

Les exemples d'activités de prévention de la pollution comprennent l'achat adapté de matières premières et l'application de limites sur la concentration de métaux dans les matières premières secondaires. Un autre exemple de bonnes pratiques d'exploitation est le pavage ou l'humidification des routes non pavées sur le site pour réduire les émissions fugitives de matières particulaires. Le remplacement ou la modernisation de l'équipement comme les précipitateurs électrostatiques pour améliorer le captage des matières particulaires et des métaux dans certaines installations constitue un exemple de mesure efficace de lutte antipollution. Dans certains cas, les matières particulaires captées contenaient une grande quantité de métaux et pouvaient être recyclées dans le processus de production (récupération et réutilisation sur place).

Dans l'ensemble, l'avis de planification de la prévention de la pollution de 2006 a atteint son objectif et contribué à réduire les émissions des substances toxiques visées par rapport à l'année de référence de 2005. Les installations ont appliqué des mesures de prévention de la pollution et de lutte antipollution pour obtenir des résultats. Les facteurs à prendre en compte indiqués dans l'avis, comme les pratiques recommandées du code de pratiques et du rapport des options stratégiques ont été considérées par chaque installation pour atteindre l'objectif de gestion des risques. Les installations qui devaient atteindre des cibles en 2008 et en 2015 relativement aux

substances visées les ont atteintes dans une large mesure. En date du 31 décembre 2018, toutes les installations avaient examiné les facteurs listés dans l'avis et mis en place des cibles limites pour les rejets atmosphériques.

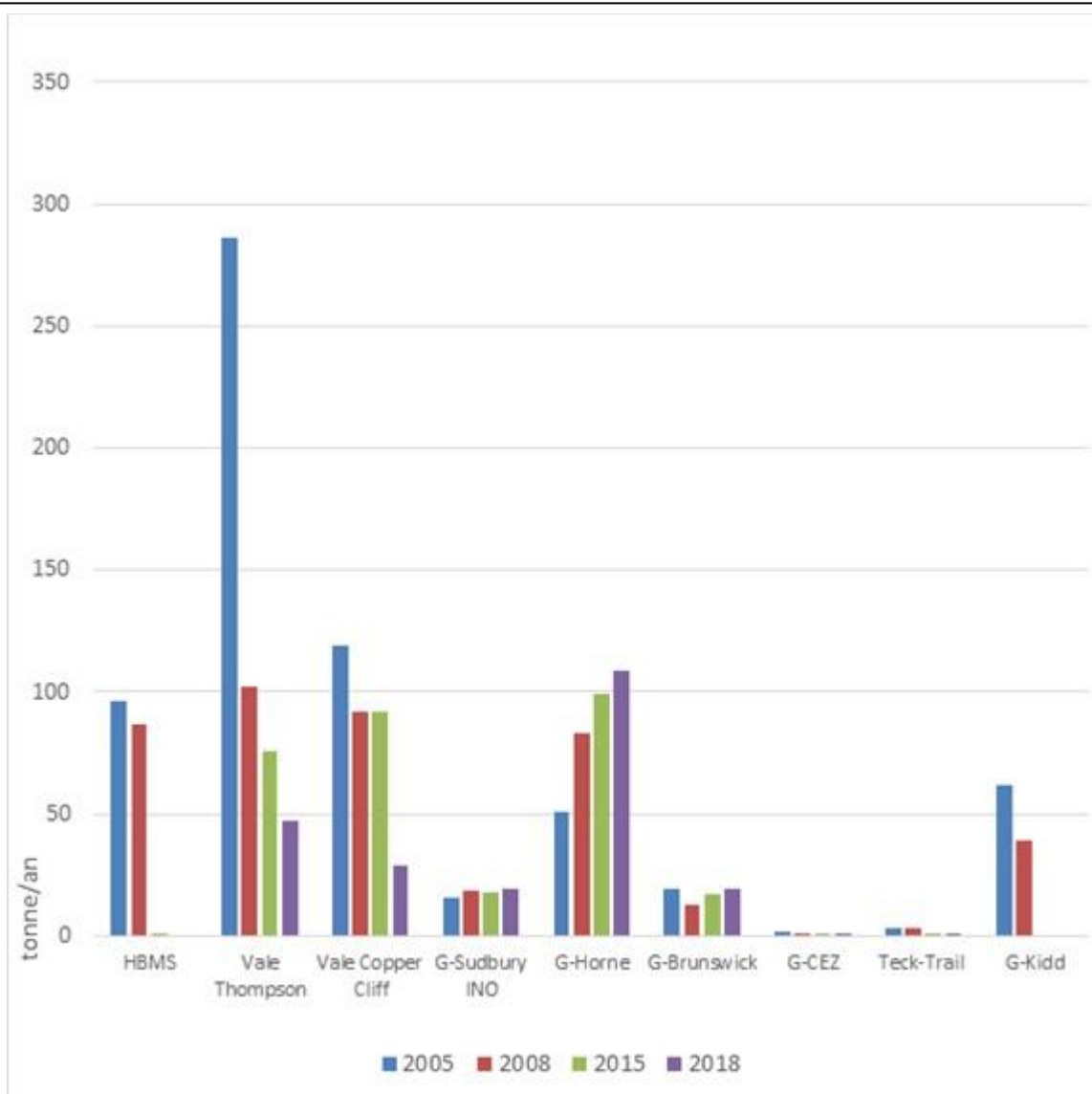


Figure 45. Émissions totales de métaux pour les fonderies de métaux communs visées par l'avis de planification de la P2.

Ententes sur la performance

Le 5 janvier 2018, Environnement et Changement climatique Canada a publié des [ententes sur la performance](#) axées sur les polluants atmosphériques de 11 installations de métaux communs appartenant à cinq entreprises. Ces ententes, qui s'inscrivent dans le Système de gestion de la qualité de l'air du Canada, visaient l'application des exigences de base relatives aux émissions industrielles (EBEI) pour les fonderies et affineries de métaux communs portant sur le dioxyde de soufre et les matières particulaires (voir la section 4.1.5 pour en savoir plus sur ces exigences). Des ententes particulières entre Environnement et Changement climatique Canada et ces cinq entreprises sont entrées en vigueur le 5 janvier 2018 et se termineront le 31 décembre 2025.

Ces entreprises ont accepté de satisfaire aux exigences relatives aux émissions de dioxyde de soufre et de matières particulaires et de maintenir cette satisfaction des exigences. Elles apporteront des améliorations continues (dans la mesure du possible) pour réduire davantage les émissions de dioxyde de soufre et de matières particulaires. De plus, elles se sont engagées à réduire les émissions de métaux et les émissions fugitives de matières particulaires (soit les matières particulaires qui s'échappent dans l'atmosphère au lieu d'être rejetées de façon contrôlée). Les entreprises ont aussi accepté de continuer à mettre en application les recommandations du *Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affineries de métaux communs*. Il est attendu que l'atteinte des cibles relatives aux matières particulaires propres aux installations réduira globalement les matières particulaires contenant des métaux (dont le cadmium).

Les installations ont en outre accepté :

- de participer à un groupe de travail comprenant des représentants des gouvernements fédéral et provinciaux, d'autres entreprises du secteur des métaux communs et de l'Association minière du Canada, qui se penche particulièrement sur les rejets de certains métaux et des matières particulaires fines ainsi que sur les émissions fugitives de matières particulaires;
- de participer à des discussions bilatérales avec Environnement et Changement climatique Canada afin de parler des rapports et des résultats et de déterminer les méthodes possibles pour réduire davantage les émissions;
- de présenter des rapports d'étape sur la mise en œuvre des recommandations applicables du code de pratiques.

Le groupe de travail tient des activités chaque année, comme des réunions régulières et des discussions bilatérales, et continuera de le faire. Environnement et Changement climatique Canada examine les rapports annuels reçus des installations et les vérifie pour assurer la prise de mesures correctives, au besoin.

Progrès à ce jour : Des rapports annuels pour l'année 2021 ont été reçus des huit installations participantes, qui ont atteint leurs cibles des EBEI. De plus, chaque signataire a participé aux réunions et aux discussions bilatérales du groupe de travail, et continue de faire part de ses progrès dans la mise en œuvre des recommandations applicables du code de pratiques. En 2021, les rapports soumis indiquaient que les installations avaient entièrement mis en œuvre 95 % des recommandations applicables en moyenne, et que trois installations avaient mis en œuvre 100 % des recommandations applicables.

Constats et recommandations

L'évaluation de 1994 indiquait que le secteur de la fusion et de l'affinage des métaux communs était une source importante de rejets de cadmium dans l'environnement. Cette conclusion est étayée par les données diffusées dans l'INRP et l'IEPA. Depuis 1994, plusieurs initiatives ont été menées pour réduire les rejets de cadmium dans l'environnement provenant de ce secteur, au moyen d'approches multisectorielles et sectorielles. Les mesures de gestion des risques concernant le cadmium de ce secteur étaient surtout des mesures de lutte contre les émissions de plusieurs polluants qui respectaient les recommandations du rapport sur les options stratégiques (voir l'annexe 1 pour connaître l'état de la mise en œuvre des recommandations). Cette approche est sensée, puisque la majorité du cadmium rejeté dans l'environnement provenant de ce secteur est issu des émissions de matières particulaires. Les rejets au sol et dans l'eau sont relativement mineurs en comparaison. Comme indiqué à la section 2, les émissions de cadmium de ce secteur ont beaucoup diminué depuis 1994. Ce résultat découle probablement des initiatives fédérales et provinciales de gestion des risques ainsi que d'autres facteurs comme la fermeture d'installations, les changements des niveaux de production et des matières premières, et l'amélioration des opérations industrielles. Cependant, le secteur reste encore, et de loin, le plus gros contributeur aux rejets de cadmium dans l'air, et il faut poursuivre le travail pour continuer de réduire ces rejets.

Étant donné que les ententes sur la performance de 2018 sont toujours en cours d'exécution, aucune recommandation n'est faite pour le secteur à ce moment-ci; il est conseillé de refaire une évaluation ultérieurement. L'efficacité des ententes sur la performance à réduire les émissions, y compris de métaux comme le cadmium, sera évaluée après la fin de celles-ci en 2025.

4.1.1.2 Secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite

La production de fer et d'acier est un ensemble d'activités complexes et énergivores qui comprennent beaucoup d'étapes pour transformer le minerai de fer en concentré de minerai de fer sous forme de boulettes. Ceux-ci sont réduites pour produire du fer épuré et finissent par devenir de l'acier qui est un mélange de fer et de carbone. Le Canada est un producteur important de produits de concentré de minerai de fer, de fer et d'acier.

Deux installations produisent du concentré de minerai de fer au Canada, et toutes deux emploient un procédé de fabrication de boulettes. Il n'y a actuellement aucun établissement de frittage en service au Canada.

La production de fer au Canada est réalisée dans des installations intégrées classiques, soit dans une installation de fer de réduction directe et une installation d'ilménite. De l'acier est produit à toutes les installations déjà mentionnées ainsi qu'à des aciéries non intégrées qui alimentent leurs fours à arc électrique en ferraille et en une petite quantité de fer acheté. Les aciéries intégrées classiques utilisent un haut-fourneau alimenté de boulettes de coke et de minerai de fer pour produire du fer, qui est ensuite envoyé à un four basique à oxygène. L'installation de fer de réduction directe est couplée à un four à arc électrique, où de la ferraille et du fer de réduction directe sont transformés en acier. Le minerai d'ilménite est traité de manière semblable pour produire des scories de titanes et du fer ainsi que de l'acier comme sous-produit. Les installations intégrées de fer de réduction directe, les installations d'ilménite et les installations non intégrées produisent une large gamme de produits, comme des barres, des tiges, des rails, des profilés, des plaques, des feuillets, des tuyaux, des tubes et des fils machine.

Le cadmium et d'autres métaux peuvent être présents sous forme de traces dans les matériaux bruts tels que le charbon (servant à produire le coke dans les batteries de cokerie), les minerais de fer et la ferraille recyclée. Les métaux peuvent être rejetés dans l'air et l'eau pendant le frittage, le bouletage de minerai de fer, la cokéfaction, l'utilisation de hauts-fourneaux et de fours basiques à oxygène, l'utilisation de fours à arc électrique et les procédés de finition comme l'enduit et le revêtement ou la galvanisation. Le secteur du fer et de l'acier figure systématiquement parmi les huit principaux secteurs responsables des émissions de cadmium depuis 2002, et certaines des installations mentionnées dans l'avis comptent parmi les 20 plus gros émetteurs de cadmium (rejets atmosphériques médians) depuis 2004, selon l'INRP.

Une table de concertation du Processus des options stratégiques a travaillé entre 1995 et 1996 pour évaluer les options potentielles de gestion des substances toxiques rejetées par le secteur. Les principales voies de rejet examinées dans le rapport étaient l'air et les effluents d'eaux usées. Ce rapport abordait diverses mesures de lutte antipollution allant de programmes volontaires à la réglementation fédérale. Dans l'ensemble, il recommandait d'établir des programmes volontaires renforcés et des normes de performance environnementale non réglementaires, et de les soutenir grâce à de potentielles exigences réglementaires.

En ce qui concerne le cadmium, le rapport sur les options stratégiques présentait les recommandations suivantes :

Recommandation 4 – Rejets métalliques dans l'atmosphère : Réduire les émissions de métaux toxiques par l'adoption d'ici décembre 1998 d'un code de pratique CCME présentant des directives relatives aux émissions; des pratiques normalisées de mesure, de surveillance et de déclaration des émissions; des pratiques optimales de gestion qui permettront de constamment améliorer la conception, le fonctionnement et l'entretien de systèmes de dépollution atmosphérique. Il est en outre recommandé que l'on établisse des objectifs et des délais spécifiques aux sources pour deux établissements.

Recommandation 5 – Effluents métalliques dans l'eau : Réduire les rejets dans l'eau de métaux toxiques dans les aciéries non intégrées par l'élaboration et l'adoption d'ici décembre 1998 d'un code de pratique CCME présentant des directives relatives aux effluents; des pratiques normalisées de mesure, de surveillance et de déclaration des effluents; et des pratiques optimales de gestion qui permettront de constamment améliorer la conception, le fonctionnement et l'entretien des systèmes de dépollution de l'eau. Aucune recommandation ne visait les effluents d'eaux usées des aciéries intégrées puisqu'il était attendu que ces installations appliquent déjà les meilleures technologies et pratiques disponibles de contrôle des rejets de métaux avant 1998.

Recommandation 7 – Émissions des établissements de frittage : Élaborer un programme volontaire renforcé pour réduire les émissions de dioxines, de furanes, d'arsenic, de cadmium, de plomb et de mercure de l'établissement de frittage de l'Algoma avant décembre 1997. Ce programme fixerait des objectifs et des délais de réduction des émissions de ces substances et devrait être conforme à la Politique de gestion des substances toxiques. Il est en outre recommandé qu'on réalise un programme de gestion des émissions à l'établissement de frittage Stelco Hilton Works et que les résultats soient soumis au gouvernement de l'Ontario et à Environnement Canada.

Recommandation 10 – Plans de prévention de la pollution : Dresser et appliquer des plans de prévention de la pollution dans les installations du secteur de la fabrication de l'acier.

Recommandation 12 – Examen ministériel : Présenter d’ici mars 1999 aux ministres de l’Environnement et de la Santé un rapport élaboré par le gouvernement du Canada sur les progrès et l’efficacité de l’application des recommandations et des programmes provinciaux en cause de gestion des substances toxiques pour que des mesures de réglementation ou d’autres mesures non réglementaires soient prises selon le cas.

Codes de pratiques écologiques pour les aciéries intégrées et non intégrées

Publiés en 2000, ces codes de pratiques ont été élaborés en réponse aux recommandations du rapport sur les options stratégiques visant le secteur. Ils énoncent les normes minimales de performance environnementale des aciéries et fournissent un ensemble d’objectifs de performance environnementale que les aciéries existantes peuvent s’efforcer d’atteindre par une amélioration continue au fil du temps. Ils recommandent des mesures et des pratiques exemplaires permettant de contrôler et de réduire au minimum les rejets de certaines substances toxiques provenant des aciéries, ainsi que des normes de performance relatives aux émissions atmosphériques et à la qualité des effluents. Au moment de leur publication, il y avait 5 aciéries intégrées et 12 aciéries non intégrées en service au Canada. Une aciérie intégrée a fermé par la suite.

Le *Code de pratiques écologiques pour les aciéries intégrées* établit des lignes directrices et des objectifs relatifs aux émissions de matières particulaires pour différentes parties du processus de fabrication d’acier et fixe à 0,1 mg/L la ligne directrice pour la moyenne mensuelle de cadmium dans les effluents.

Le *Code de pratiques écologiques pour les aciéries non intégrées* présente de bonnes pratiques de protection de l’environnement pour les divers procédés et activités de production d’une aciérie non intégrée, en plaçant au sommet des priorités les questions entourant les émissions atmosphériques et les effluents d’eaux usées. Il tient aussi compte d’autres questions, notamment liées à plusieurs milieux, qui se rapportent à une approche de la protection de l’environnement exhaustive et axée sur le cycle de vie. En ce qui concerne les rejets atmosphériques de métaux, le code reconnaît que le contrôle efficace des émissions de particules réduirait les émissions de métaux du secteur.

Progrès à ce jour : Aucune mesure officielle du rendement basée sur un instrument n’a été effectuée. Cependant, Environnement Canada a demandé à un tiers de procéder à un examen du secteur du fer et de l’acier en 2003. Le rapport indiquait que l’ampleur de la mise en œuvre des recommandations du code de pratiques variait beaucoup au sein du secteur (Stratos Inc., 2003). Les aciéries intégrées ont déclaré mettre en œuvre les recommandations pertinentes à un taux supérieur que les aciéries non intégrées (Tableau 10).

Tableau 10. Survol de la mise en œuvre du code de pratiques (Stratos Inc., 2003)

Recommandations mises en œuvre	Nombre d’aciéries intégrées (n = 4)	Nombre d’aciéries non intégrées (n = 12)
> 90 %	3	0
75 % à 90 %	1	3
50 % à 74 %	0	6
< 50 %	0	2
Information fournie insuffisante	0	1

La mise en œuvre des mesures de contrôle visant les déchets et les émissions de la cokéfaction était bonne, en général, mais celle des autres mesures de gestion des émissions atmosphériques était inégale. Seules 8 des 15 aciéries ont indiqué avoir des programmes de surveillance de l'air ambiant, parmi lesquels deux faisaient un suivi de métaux. La mise en œuvre des mesures liées à la gestion des eaux et des eaux usées était aussi inégale, mais toutes les aciéries ont déclaré avoir respecté la ligne directrice relative aux effluents pour le cadmium. Elles ont aussi toutes indiqué avoir une politique environnementale officielle, mais seules quelques-unes ont dit qu'elles avaient un plan de prévention de la pollution en place, appliquaient des techniques de gestion du cycle de vie, élaboraient des plans de désaffectation ou établissaient des comités consultatifs communautaires. Une seule installation a déclaré surveiller sa mise en œuvre du code de pratiques.

Code de pratiques pour réduire les émissions fugitives de matières particulaires totales et de composés organiques volatils provenant du secteur de l'acier, du fer et de l'ilménite

Ce code de pratiques recommande des pratiques exemplaires pour contrôler et limiter les émissions atmosphériques fugitives (involontaires et incontrôlées) de matières particulaires totales et de composés organiques volatils provenant d'installations du secteur de l'acier, du fer et de l'ilménite, dans le but de faciliter et d'encourager l'amélioration continue de la performance environnementale en ce qui a trait aux émissions fugitives de matières particulaires totales et de composés organiques volatils provenant d'aciéries. Comme indiqué, la réduction des émissions de matières particulaires de ce secteur réduirait également les émissions de cadmium. Ce code de pratiques a été élaboré dans le cadre du processus des exigences de base relatives aux émissions industrielles (EBEI) (section 4.1.5) et sa version définitive a été publiée en mai 2016.

Le code indique les sources d'émissions fugitives et présente des recommandations pour réduire celles-ci. Il complète les codes de pratiques publiés concernant l'acier et constitue un élément intégral de l'avis de planification de la prévention de la pollution visant le secteur, qui fait l'objet de la prochaine section. Bien que ce code ne comprenne aucune exigence de déclaration, les installations devront indiquer leur mise en œuvre des recommandations dans le cadre de l'avis de planification de la P2. Le rendement de cette mesure de gestion des risques est évalué conjointement à celui de l'avis de planification de la P2.

Secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite : avis de planification de la prévention de la pollution

En vigueur du 6 mai 2017 au 1^{er} juin 2028, l'avis oblige les installations de fer, d'acier et d'ilménite à élaborer et à exécuter un plan de prévention de la pollution à l'égard du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NO_x) et des composés organiques volatils (COV). Il comprend des cibles pour le SO₂ et les NO_x, et les installations doivent envisager, pendant l'élaboration de leurs plans, de mettre en œuvre des pratiques exemplaires pour réduire les émissions fugitives de COV lorsque cela est approprié et pratique. Les installations doivent présenter chaque année un rapport provisoire sur l'élaboration et l'exécution de leurs plans de P2. L'avis de planification de la P2 ne contient pas d'exigence officielle concernant la déclaration des émissions fugitives de matières particulaires totales, car celles-ci ne sont pas inscrites comme des substances toxiques à l'annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Une substance doit être inscrite à l'annexe 1 pour faire l'objet d'un avis de planification de la P2. Néanmoins, il est attendu que l'avis entraîne une réduction des émissions fugitives de matières particulaires totales parce que celles-ci sont abordées dans le code de pratiques, qui est l'un des facteurs dont les installations doivent tenir compte pour élaborer un plan de P2. En résumé, l'avis de planification de la P2 fournira des renseignements sur les émissions de NO_x et de SO₂ en plus de permettre la surveillance de la mise en œuvre des recommandations relatives aux COV fugitifs figurant dans le code de pratiques. L'état

de la mise en œuvre des recommandations du code relatives aux émissions fugitives de matières particulaires totales sera déterminé par une enquête volontaire. Bon nombre des recommandations du code visent à la fois les COV et les matières particulaires totales.

Grâce à la mise en œuvre de mesures visant à contrôler les émissions atmosphériques et les émissions atmosphériques fugitives, on pourrait obtenir des avantages connexes quant aux matières particulaires totales, et donc aux émissions de cadmium. Dans l'ensemble, il est attendu que les installations atteignent les objectifs du code de pratiques concernant les matières particulaires fugitives en mettant en œuvre leurs plans de P2.

Progrès à ce jour : Une installation sur les 14 assujetties à l'avis est officiellement fermée. Les 13 autres installations ont soumis leurs déclarations confirmant l'élaboration ainsi que leurs premiers et deuxièmes rapports provisoires pour les années 2017, 2018 et 2019, respectivement.

Les cibles des EBEI pour le secteur du fer et de l'acier doivent être atteintes au bout de délais qui varient selon la substance et le type d'installation. Ces cibles sont évaluées chaque année et les résultats sont publiés sur le [site Web](#) d'Environnement et Changement climatique Canada.

Constats et recommandations

Le gouvernement du Canada a mis en place des mesures pour réduire les rejets de cadmium du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite en adoptant des mesures visant à contrôler les rejets de matières particulaires totales. Cette approche est logique étant donné que dans l'ensemble, ce secteur rejette des métaux toxiques dans l'environnement principalement sous forme de matières particulaires. Il est difficile d'évaluer la réussite de ces mesures puisque la plupart étaient volontaires et n'exigeaient aucune déclaration. Les données de l'INRP et de l'IEPA indiquent un déclin des rejets à compter du milieu des années 2000, ce qui laisse croire que celui-ci n'est pas lié à l'application des codes de pratiques. Ce déclin se poursuit sans faillir depuis, sans changement significatif suivant la présentation du code de pratiques de 2016 et de l'avis de planification de la P2 de 2017.

La plupart des recommandations du Processus des options stratégiques ont été mises en œuvre par l'élaboration de codes de pratiques et de plans de P2 (voir l'annexe 1 pour connaître l'état de la mise en œuvre des recommandations). Bien que le code de pratiques pour les aciéries intégrées établisse une ligne directrice pour le cadmium dans les effluents d'eaux usées, il n'est pas clair si les installations respectent celle-ci étant donné qu'il n'y a pas de mécanisme de déclaration. Cependant, les données indiquent qu'en général, les installations appliquent les codes de pratiques. Les installations de fer, d'acier et d'ilménite répondant aux seuils de déclaration de l'INRP doivent déclarer leurs rejets vers les réseaux d'égout municipaux comme des transferts vers des usines de traitement des eaux usées, et doivent respecter les règlements municipaux qui fixent généralement des critères minimums de qualité de l'eau pour les effluents industriels. Il est recommandé que l'on envisage d'évaluer plus en profondeur l'efficacité du code de pratiques et des cibles des EBEI à réduire au minimum les rejets de cadmium et d'autres métaux après une analyse des résultats de l'enquête volontaire.

4.1.1.3 Ciment

On fabrique le ciment en chauffant un mélange de calcaire concassé, d'argile et de sable, puis en le broyant en une fine poudre à laquelle on peut ajouter d'autres ingrédients, selon l'utilisation qui sera

faite du ciment. Ce procédé emploie un four alimenté au charbon, au coke de pétrole ou au gaz et nécessite des températures très élevées. D'autres matériaux peuvent parfois servir de source de combustible pour chauffer le four. Il peut s'agir de déchets issus de la biomasse comme des biosolides, de déchets de construction, de plastiques non recyclés, de pneus usagés, de solvants usés, d'huiles usagées, de copeaux de bois et d'écorce. L'emploi de combustibles dans les installations fixes et l'élimination des déchets solides ont été cités comme des sources potentielles de pollution par le cadmium dans l'évaluation de 1994.

Des métaux, y compris le cadmium, sont rejetés pendant la fabrication du ciment, surtout en raison de la combustion de combustibles fossiles ou de combustibles dérivés de déchets pour chauffer le four. Les métaux comme le cadmium sont principalement émis en tant que composants des matières particulaires. Les émissions fugitives dues aux fuites d'équipement et aux activités de manipulation, d'entreposage ou de transfert de matériaux sur les lieux peuvent également rejeter du cadmium dans l'air. Les rejets atmosphériques de métaux peuvent augmenter lorsque des déchets ou des déchets dangereux sont brûlés comme combustibles, selon la concentration des métaux dans ceux-ci.

Le devenir des métaux dans la fabrication du ciment a été grandement étudié. Pour presque tous les métaux traces, une proportion supérieure à 99 % se retrouve dans le produit fini ou dans la poussière recueillie par la technologie de contrôle des émissions (Inland Cement Ltd., 2000; St. Lawrence Cement Inc, 2001; U.S. Environmental Protection Agency, 1999). La poussière recueillie est recyclée (en général par sa réutilisation dans le procédé de production de ciment) ou envoyée à un site d'enfouissement pour être éliminée. Une étude de l'Environmental Protection Agency des États-Unis a montré que la concentration moyenne de cadmium et de quelques autres métaux était supérieure dans la poussière produite par les fours brûlant des déchets dangereux que dans celle produite par des fours n'en brûlant pas (U.S. Environmental Protection Agency, 1998). La concentration moyenne de cadmium dans la poussière obtenue lors de cette étude était de 9,7 mg/kg (minimum de 0,005 mg/kg et maximum de 44,9 mg/kg).

Toutes les cimenteries au Canada sont réglementées à l'aide de permis d'exploitation, dont certains intègrent des rejets vers plusieurs milieux (Environnement Canada, 2004). En plus de ces permis, l'Alberta, l'Ontario et le Québec ont des règlements d'application générale ou propres au secteur du ciment.

Lignes directrices nationales relatives à l'utilisation de déchets dangereux et non dangereux comme combustible de substitution dans les fours à ciment

L'élaboration de lignes directrices nationales sur l'utilisation de déchets dangereux et non dangereux comme combustible de substitution dans les fours à ciment a été commandée par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) et entreprise sous la direction du Sous-comité sur les déchets comme combustible du Groupe de travail sur les déchets dangereux. Ce sous-comité se composait de représentants des gouvernements fédéral et provinciaux et de l'industrie du ciment. Il a décidé d'élaborer ces lignes directrices, parce que les *Lignes directrices relatives au fonctionnement et aux émissions des incinérateurs de déchets solides urbains* (1989) et les *Lignes directrices nationales relatives aux installations d'incinération des déchets dangereux* (1992) existantes du CCME n'étaient pas considérées comme abordant adéquatement l'incinération des déchets dans le procédé de production de ciment. Les lignes directrices ont été publiées en 1996 et devaient s'ajouter aux directives et règlements nationaux et provinciaux applicables. Elles présentaient des recommandations à propos : des critères pour la sélection des

déchets; de la manipulation et de l'entreposage des déchets; des limites d'émissions; des exigences d'essai et de surveillance; de la gestion des résidus solides; et des exigences de déclaration.

Les lignes directrices indiquent une valeur recommandée de 0,15 mg/m³ pour la somme des métaux de classe III (mercure, cadmium et thallium) dans les émissions de métaux. En ce qui concerne la gestion de la poussière de four de ciment recueillie grâce aux mesures de contrôle des émissions, elles recommandent de mettre à l'essai le lixiviat de la poussière pour évaluer les concentrations de métaux.

Progrès à ce jour : Ces lignes directrices étaient volontaires et leur rendement n'a pas été mesuré.

Une étude conjointe du gouvernement et de l'industrie a été réalisée dans une cimenterie canadienne pour cerner les effets sur les émissions causés par l'utilisation de déchets de bois comme combustible (Lapointe & Goyer, 1997). La quantité de métaux lourds a été mesurée dans la charge d'alimentation du four, le mâchefer, la poussière de four recueillie et les émissions. Les émissions de paramètres clés ont été caractérisées pour la combustion dans le four de bois traité avec divers agents de préservation et de bois non traité. L'étude a permis de constater qu'à la sortie de la cheminée, les concentrations de toutes les catégories de métaux étaient inférieures aux concentrations maximales permises selon les lignes directrices nationales de 1996.

Des renseignements utiles figurent également dans le *Foundation report on the cement manufacturing sector* (Environnement Canada, 2004). Ce rapport a été produit pour rassembler des renseignements sur le secteur afin qu'ils soient pris en compte dans l'élaboration de normes sur les rejets dans l'environnement. Il indique qu'en 2000, les déchets avaient fourni environ 5,5 % de l'énergie sous forme de combustible (joules par tonne de mâchefer) consommée par le secteur canadien du ciment. La proportion d'énergie tirée des déchets avait cependant baissé de 23 % entre 1995 et 2000, et le pourcentage d'usines consommant des déchets avait aussi diminué pour atteindre 47 %, par rapport à 56 % en 1993.

En 2001, six cimenteries canadiennes ont indiqué consommer des combustibles dérivés de déchets, parmi lesquelles trois brûlaient des pneus entiers ou du combustible dérivé de pneus. Une utilisait principalement le coke de pétrole et des déchets comme combustibles. À l'une des cimenteries, le combustible issu de déchets représentait 17 % du combustible consommé cette année-là.

Des renseignements plus récents indiquent qu'en 2009, huit cimenteries canadiennes avaient déclaré consommer des combustibles dérivés de déchets, parmi lesquelles cinq brûlaient des pneus entiers ou du combustible dérivé de pneus. Les combustibles issus des déchets représentaient 9,1 % du combustible consommé par le secteur canadien du ciment en 2009, par rapport à 3,0 % en 1990.

Constats et recommandations

Si l'on examine les données de l'INRP et de l'IEPA, on constate que les rejets de cadmium du secteur du ciment sont faibles en comparaison avec d'autres secteurs. La voie de rejet de cadmium la plus probable pour ce secteur est l'émission de matières particulaires. Les exigences et lignes directrices provinciales et nationales existantes visant à ce que les installations mettent en place des mesures de contrôle des émissions de matières particulaires semblent efficaces pour empêcher les rejets atmosphériques de cadmium, quel que soit le type de combustible employé. Les émissions de cadmium du secteur ont diminué avec le temps, bien que cela soit probablement lié à d'autres efforts cherchant à réduire les émissions d'oxydes d'azote et de gaz à effet de serre provenant du

secteur, et non aux lignes directrices nationales publiées en 1996. Aucune mesure supplémentaire n'est recommandée à ce moment-ci pour contrôler les rejets de cadmium du secteur.

4.1.1.4 Exploitation minière

On compte environ 200 mines en activité au Canada, dont 143 mines de métaux et 5 mines de diamants. L'exploitation minière nécessite de concasser de grandes quantités de roches à l'aide de procédés chimiques pour en tirer des minéraux précieux comme le fer, le cuivre, l'or et d'autres pierres ou métaux précieux. Ce procédé génère des déchets miniers, notamment des boues liquides, ou effluents, qui peuvent contenir des substances nocives pour les poissons. Les effluents sont traités pour réduire les concentrations de ces substances avant leur rejet dans l'environnement. Le cadmium peut être rejeté dans les effluents issus des activités minières, parce qu'il se trouve naturellement dans la même roche que d'autres minéraux extraits à des fins industrielles comme le plomb et le zinc. Il peut également être rejeté dans l'air dans la poussière créée pendant le concassage et le traitement du minerai.

Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants

Des règlements pris en vertu de la *Loi sur les pêches* ont été mis en place en 1977 pour protéger les eaux et l'habitat des poissons de la pollution causée par les activités minières. Le *Règlement sur les effluents liquides des mines de métaux* et les directives à ce sujet avaient pour objet de limiter les rejets de substances nocives des mines de métaux communs, d'uranium et de fer dans l'environnement.

En 1993, l'Évaluation des effets de l'exploitation minière sur le milieu aquatique au Canada (AQUAMIN) a été entreprise en réponse à l'engagement du gouvernement fédéral de mettre à jour et de renforcer le *Règlement sur les effluents liquides des mines de métaux* (RELMM). Son objectif était d'examiner l'efficacité du RELMM par la réalisation d'une évaluation des effets environnementaux de l'exploitation minière et de formuler, d'après cette évaluation, des recommandations dans trois domaines clés : 1) la modification du RELMM, 2) la conception d'un programme national pour surveiller les effets environnementaux des mines de métaux, et 3) les lacunes dans l'information et les besoins en matière de recherche. AQUAMIN était chapeautée par un groupe directeur comprenant des représentants de tous les groupes d'intervenants. Pour réaliser l'évaluation des effets des mines de métaux sur les écosystèmes aquatiques au Canada, plus de 700 rapports portant sur plus de 95 sites miniers canadiens et des études de cas détaillées de 18 sites ont été examinés.

Les recommandations du rapport ont été prises en compte, et en 2002, le *Règlement sur les effluents des mines de métaux* a été mis en place. Il visait toutes les mines de métaux et exigeait la surveillance des effets sur l'environnement. Cette dernière devait aider à orienter les modifications ultérieures possibles du règlement en fonction de la nécessité d'améliorer la protection du milieu aquatique contre les risques présentés par des substances déjà réglementées ou de nouvelles substances qui devraient être réglementées. Ce règlement permettait par ailleurs d'utiliser certains plans d'eau pour le dépôt de substances dangereuses.

En 2018, le règlement a été modifié pour intégrer à sa portée les effluents des mines de diamants, réduire les limites de substances nocives dans les effluents miniers, renforcer les exigences des essais de détermination de la létalité aiguë des effluents miniers et simplifier les exigences de surveillance des effets sur l'environnement. Étant donné ces changements, le règlement a pris le nouveau nom de *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants* (REMMMD). Il a été modifié une nouvelle fois en 2021 afin d'exiger un essai de détermination de la

létalité aiguë chez des espèces d'invertébrés pour les dépôts d'effluents salins (eau salée) dans les milieux marins.

Aujourd'hui, le *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants* contribue à protéger les lacs et les cours d'eau canadiens en établissant des limites strictes relatives à la qualité des effluents qui peuvent être rejetés par les mines de métaux et de diamants. Il permet le dépôt des effluents dans des eaux où vivent des poissons et aux endroits dont il est question au paragraphe 36(3) de la *Loi sur les pêches*. Les effluents doivent respecter les limites de concentration pour l'arsenic, le cuivre, le cyanure, le plomb, le nickel, le zinc, les matières en suspension, le radium 226 et l'ammoniac non ionisé. Ils doivent également avoir un pH situé à l'intérieur d'une plage définie et ne doivent pas présenter de létalité aiguë. Il a été envisagé d'inclure le cadmium dans la liste des substances encadrées par des limites de concentration au début des années 2010, mais cela n'a pas été fait, parce que les données de caractérisation des effluents à cette époque indiquaient que seuls les effluents d'un petit nombre de mines de métaux contenaient du cadmium, et ce, à de faibles concentrations. Il a alors été déterminé qu'il n'y aurait que peu ou pas d'avantages environnementaux à ajouter le cadmium à la liste.

Progrès à ce jour : Le nombre de mines assujetties au Règlement a augmenté et plus que doublé depuis 2002. Ce nombre était de 73 en 2002 et de 148 en 2019 (143 mines de métaux et 5 mines de diamants). Le rendement du Règlement est communiqué chaque année dans le cadre du programme des Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement. Bien que le cadmium ne soit pas compris dans les métaux faisant l'objet d'une déclaration, les résultats des essais de toxicité pour les poissons sont indiqués. Le rapport publié en 2021 révèle qu'entre 2003 et 2019, la conformité aux limites réglementaires de toxicité pour les poissons se situait entre 91,7 et 99,6 % (Environnement et Changement climatique Canada, 2021a). Toutefois, ce taux présente une tendance à la baisse depuis 2015, bien qu'il demeure supérieur à 91 %. Une augmentation du nombre de dépassements pour plusieurs paramètres, notamment le nickel, le zinc, les matières en suspension totales et un faible pH, a été observée en 2019. La majorité de ces dépassements sont survenus à un petit nombre de mines. Par exemple, une mine au Québec était responsable de la majorité des dépassements pour le nickel, le zinc, le pH inférieur ou égal à 6, et le pH supérieur ou égal à 9,5. Les observations sur les tendances pour les années antérieures à 2019 figurent dans les publications annuelles du [Rapport de situation sur la performance des mines de métaux assujetties au Règlement](#). Les taux de conformité aux limites réglementaires des autres métaux fixées pour les effluents étaient systématiquement supérieurs à 98 %. Comme indiqué à la section 2.4.1, on détecte le cadmium dans les zones de référence, les effluents et les zones exposées de la plupart des mines. Les concentrations de ce métal et les dépassements des recommandations pour la qualité de l'eau douce ont diminué au fil du temps, mais 38 % des mines ont déclaré des concentrations dans les zones exposées supérieures aux valeurs recommandées à long terme pour la protection des milieux aquatiques, et 14 % des mines ont déclaré des concentrations supérieures aux valeurs de référence à court terme.

En 2019, la commissaire à l'environnement et au développement durable a publié les résultats d'un audit axé sur la vérification de la protection contre les effluents miniers fournie par le gouvernement fédéral entre 2009 et 2018 aux poissons et à leur habitat aux sites de mines en activité conformément à la *Loi sur les pêches* et au *Règlement sur les effluents des mines de métaux*. En général, l'audit a permis de constater que des mesures avaient été prises pour protéger les poissons et leur habitat contre les effluents des mines de métaux, notamment des mesures d'application de la loi pour faire face aux cas de non-conformité (Bureau du vérificateur général du Canada, 2019). Il a également été constaté qu'Environnement et Changement climatique Canada avait satisfait à ses

exigences relatives à la surveillance des effluents et qu'il s'était assuré que les sociétés minières présentaient des données sur les effets environnementaux des mines de métaux sur les poissons et leur habitat, et sur les causes de ces effets. Le Ministère avait en outre vérifié l'exhaustivité et l'exactitude des données, et avait utilisé ces renseignements pour contribuer à modifier les limites visant les substances nocives. De plus, l'audit indiquait que des travaux supplémentaires étaient nécessaires pour établir l'ordre de priorité des inspections en fonction des risques et en ce qui concerne l'inspection des mines de minerais non métalliques.

Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux

Le code de pratiques a été rédigé à l'appui des règlements encadrant les effluents miniers comme présenté ci-dessus. Il a été publié en 2009 et prend son origine dans le rapport final de l'AQUAMIN ainsi que dans le *Code d'éthique environnementale pour les mines* qui a été publié parallèlement au RELMM en 1977. Le *Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux* de 2009 s'applique à tout le cycle de vie des mines, de l'exploration à la fermeture, et recommande des pratiques de gestion environnementale afin de réduire les préoccupations pour l'environnement. Les pratiques recommandées comprennent l'élaboration et l'utilisation d'outils de gestion environnementale, la gestion des eaux usées et des déchets miniers, et la prévention et le contrôle des rejets environnementaux au sol et dans l'air et l'eau. L'objectif du code est de cerner et de promouvoir des pratiques exemplaires recommandées afin de faciliter et d'encourager l'amélioration continue de la performance environnementale des installations minières.

Progrès à ce jour : La mise en œuvre des recommandations du code de pratiques est volontaire et n'est pas surveillée par Environnement et Changement climatique Canada.

Constats et recommandations

Les mesures fédérales de gestion des risques associés au secteur minier ont été axées sur le contrôle des rejets de substances nocives dans l'eau provenant des effluents miniers. En général, elles ont été efficaces pour réduire la toxicité aiguë des effluents miniers, et la plupart des mines respectent la réglementation. La concentration du cadmium dans les effluents miniers a diminué depuis 2002; il s'agit probablement d'un avantage conjoint des limites de rejet dans les effluents imposées à d'autres substances. Cependant, les concentrations de cadmium dans les zones exposées dépassaient les valeurs recommandées pour la qualité de l'eau à long terme à un tiers des mines. Il conviendrait d'examiner plus en profondeur les conséquences de ces dépassements en ce qui concerne les effets sur les poissons et leur habitat en consultant les résultats des études de surveillance biologiques réalisées par les mines dans le cadre de la surveillance des effets sur l'environnement. Par ailleurs, le cadmium a été détecté dans presque tous les effluents miniers. Les résultats de la surveillance des effets sur l'environnement servent d'outil de mesure du rendement fondé sur la science permettant d'évaluer l'utilité du REMMMD pour la protection des poissons, de leur habitat, et de l'utilisation des ressources halieutiques. Une évaluation complète des résultats aidera le Ministère à déterminer s'il est justifié de réfléchir plus en avant à des mesures de gestion des risques du cadmium dans les effluents miniers. Il est recommandé qu'Environnement et Changement climatique Canada examine toutes les données disponibles et envisage d'autres mesures de gestion des risques pour contrôler les rejets de cadmium provenant des effluents miniers, au besoin. Il convient de noter qu'une certaine incertitude entoure les rejets de cadmium signalés à l'INRP pour le secteur de la production de métaux et de minéraux. La raison est que les installations peuvent présenter leur rapport en indiquant des codes SCIAN principaux différents selon les activités qu'elles ont effectuées durant l'année. Les installations intégrées, qui regroupent sur un même site l'extraction et le traitement de minerais et de concentrés, peuvent indiquer différents codes de secteur industriel selon l'année et les principales activités menées. Il est

recommandé qu'Environnement et Changement climatique Canada travaille à résoudre ce problème en consultation avec l'industrie et les installations déclarantes, au besoin, pour éviter la mauvaise interprétation des rejets sectoriels.

4.1.2 Pâtes et papiers

Le secteur des pâtes et papiers produit un large éventail de produits à partir de copeaux de bois et de produits de papier recyclé comme source de fibres à transformer en pâte. La pâte peut servir à fabriquer des produits de papier sur place ou être expédiée vers d'autres installations de fabrication.

Selon le type de pâte et le procédé de fabrication du papier, on emploie des méthodes mécaniques ou chimiques pour transformer la fibre entrant dans la production de pâtes et papiers. Il est courant d'utiliser de l'eau et de la chaleur. La majorité des fabriques de pâtes et papiers produisent de la chaleur sur place en brûlant des lessives de cuisson usées, du mazout, du gaz naturel, des déchets ligneux et des sous-produits du procédé de mise en pâte comme du savon à l'huile de pin et du méthanol. Certaines produisent du biogaz et des matières biologiques solides qu'elles brûlent pour récupérer la chaleur. Certaines produisent de la chaleur et de l'énergie combinées, qu'elles utilisent sur place, à partir de lessive de cuisson usée et de déchets ligneux; elles peuvent aussi vendre l'électricité au réseau de services publics.

Les eaux usées issues du procédé de fabrication sont traitées sur place ou hors du site au moyen d'un traitement primaire, secondaire et parfois tertiaire avant le rejet des effluents.

Le secteur des pâtes et papiers n'était pas mentionné dans l'évaluation de 1994. Cependant, si l'on examine les inventaires de rejets présentés à la section 2, il apparaît que ce secteur est un contributeur important des rejets de cadmium au sol et dans l'eau, qui rejette aussi de plus petites quantités de cadmium dans l'air. De plus, certaines fabriques de pâtes et papiers déposent des effluents par l'intermédiaire d'une installation hors site spécialisée en traitement des eaux usées (ce qui serait déclaré dans les inventaires comme un rejet dans l'eau). Cela dit, ces fabriques utilisent en général de la pâte comme matière première, alors les concentrations de cadmium qu'elles génèrent sont typiquement faibles.

Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers

Le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* a été élaboré en 1971 en vertu de la *Loi sur les pêches* pour gérer les menaces pour les poissons et leur habitat ainsi que la santé humaine découlant de la consommation de poissons. Il limite le dépôt par les fabriques de substances nocives dans les eaux où vivent des poissons. Il a été conçu pour encourager les fabriques à modifier leurs procédés en vue d'améliorer la qualité de l'eau et de protéger les poissons et leur habitat ainsi que l'utilisation des ressources halieutiques.

Le Règlement de 1971 était appliqué différemment pour les fabriques nouvelles, agrandies, modifiées et existantes. Les trois premiers types étaient assujettis aux limites établies. Pour les fabriques déjà en activité, les limites servaient de lignes directrices inexécutoires. En 1992, le Règlement de 1971 a été modifié pour étendre sa portée à toutes les fabriques et susciter une plus grande amélioration de la qualité des effluents à l'aide de normes atteignables par un traitement secondaire des eaux usées. En 1996, après une période de transition, toutes les fabriques sont devenues assujetties au Règlement. Les normes réglementaires n'ont pas changé depuis.

Le Règlement fixe des limites pour les quantités maximales de matières exerçant une demande biochimique en oxygène (qui consomment de l'oxygène dissous dans l'eau) et de matières en suspension qui peuvent être déposées par les fabriques de pâtes et papiers à certaines conditions.

Il interdit le dépôt des effluents présentant une létalité aiguë pour les poissons. Il exige également que les fabriques procèdent à une surveillance des effets sur l'environnement pour déterminer les effets des effluents sur les poissons et leur habitat ainsi que l'utilisation des ressources halieutiques. Les installations doivent soumettre chaque mois des rapports sur les effluents qui présentent la demande biochimique en oxygène des matières dans les effluents, la quantité de matières en suspension dans les effluents, le volume des effluents et un sommaire des résultats des essais de détermination de la létalité aiguë chez la truite arc-en-ciel et des essais de surveillance sur *Daphnia magna*.

Progrès à ce jour : Environnement et Changement climatique Canada publie chaque année des rapports sommaires sur la conformité et les quantités de rejets d'effluents des fabriques de pâtes et papiers assujetties au Règlement ainsi que sur la surveillance des effets sur l'environnement. Le rendement du Règlement est en outre mesuré par l'intermédiaire du programme des Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement (ICDE).

En 2019, 77 fabriques de pâtes et papiers en activité au Canada étaient assujetties au Règlement. Selon les ICDE, la qualité des effluents de pâtes et papiers rejetés directement dans l'environnement s'est améliorée entre 1985 et 2019 (Environnement et Changement climatique Canada, 2022e). Les essais de toxicité satisfaisaient aux normes réglementaires 25 % du temps en 1985, et 97,8 % du temps en 2019, tandis que les essais de détermination de la demande biochimique en oxygène et des matières en suspension totales y satisfaisaient respectivement 68 % et 60 % du temps en 1985. Ces deux essais satisfaisaient aux normes 99,9 % du temps en 2019.

Cependant, le rapport sommaire annuel préparé par ECCC note également que des effets de toxicité sublétaux inhibant la croissance et la reproduction ont été constatés chez les espèces testées dans plus de la moitié des essais en laboratoire menés sur les effluents finaux des fabriques (Environnement et Changement climatique Canada, 2021b). Les données des études de surveillance biologique indiquent que les effluents finaux de 77 % des fabriques en activité en 2019 avaient des effets sur les milieux récepteurs.

ECCC a entamé des consultations sur les possibilités d'amélioration du Règlement en 2017, et sur les modifications proposées du Règlement en 2019. Les modifications proposées comprennent de nouvelles exigences concernant la caractérisation des effluents en ce qui a trait aux métaux et à d'autres substances ainsi que des études trimestrielles de surveillance de la qualité de l'eau, y compris le suivi des métaux (Environnement et Changement climatique Canada, 2019c).

Constats et recommandations

Le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* ne s'applique pas directement au cadmium. Toutefois, le secteur des pâtes et papiers constitue la deuxième plus grande source de rejets dans l'eau. Des avantages conjoints peuvent être tirés de la mise en œuvre de mesures qui contrôlent la toxicité globale des effluents des fabriques, mais on ne dispose pas d'assez de données pour évaluer pleinement si les mesures de gestion des risques actuelles contribuent au contrôle des rejets de cadmium.

L'approche de gestion des risques posés par les effluents du secteur des pâtes et papiers s'est avérée efficace pour réduire la toxicité aiguë des effluents, mais n'a pas entièrement permis d'en atténuer la toxicité sublétales. Bien que la cause de la toxicité sublétales ne soit pas connue à l'heure actuelle, il est recommandé qu'Environnement et Changement climatique Canada mette en œuvre les mesures proposées pour obliger les fabriques de pâtes et papiers à caractériser les effluents et à réaliser des études de surveillance de la qualité de l'eau. Ces travaux seront importants pour

orienter la gestion des risques du secteur et contribuer aux futures évaluations du rendement portant sur plusieurs substances, notamment le cadmium.

4.1.3 Emploi de combustibles dans des installations fixes

Ce secteur est divisé en deux grandes catégories : la production d'électricité et le chauffage. Toutes deux ont été nommées parmi les sources préoccupantes dans l'évaluation de 1994.

Au Canada, l'électricité est produite à partir d'un ensemble diversifié de sources. Sur une longue période, la production tend à augmenter légèrement chaque année pour répondre à la demande en croissance progressive. En 2021, elle totalisait plus de 627 millions de mégawattheures. En comparaison, ce total était de 467 millions de mégawattheures en 1990; il y a donc eu une augmentation de 34 % (Ressources naturelles Canada, 2020; Statistique Canada, 2022).

La source la plus importante au Canada est l'eau courante, qui est à l'origine de 60 % de l'électricité produite (Ressources naturelles Canada, 2020; Statistique Canada, 2022). En second viennent les combustibles fossiles, desquels sont tirés environ 20 % de l'électricité; le charbon en donne environ 9,5 %, le gaz naturel, 8,5 %, et le pétrole, 1,3 %. L'énergie nucléaire et les sources renouvelables autres que l'hydroélectricité, comme l'éolien, le solaire et la biomasse, fournissent le reste de l'électricité.

La combustion de combustibles fossiles rejette des matières particulaires contenant du cadmium et d'autres métaux et polluants. La combustion du charbon, en particulier, contribue de façon importante aux émissions atmosphériques de cadmium, d'autres métaux et de matières particulaires. La production d'énergie nucléaire et d'électricité renouvelable n'est pas une source importante de rejets de cadmium.

La production d'électricité à partir de combustibles fossiles est particulièrement importante en Alberta et en Saskatchewan, où plusieurs centrales ont été construites près de grands gisements de charbon. Elle l'est également dans les provinces de l'Atlantique, aux Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut. L'Ontario en dépendait beaucoup autrefois, mais sa dernière centrale au charbon a fermé en avril 2014.

En 1995, une table de concertation a été mise sur pied dans le cadre du Processus des options stratégiques pour formuler, s'il y avait lieu, des objectifs, des cibles et des options efficaces et efficaces permettant de gérer les rejets de substances toxiques provenant du secteur de la production d'électricité. La Table a convenu que les options de gestion des matières particulaires réduiraient aussi efficacement les émissions de cadmium et d'autres métaux, puisque ces substances toxiques sont surtout rejetées sous forme de matières particulaires. Elle ne s'est penchée que sur les émissions atmosphériques, car les permis provinciaux contrôlaient déjà les rejets de déchets solides et liquides.

La Table a examiné 15 options de gestion des risques et présenté quatre grandes catégories de mesures à envisager : norme de performance réglementaire, plafonds d'émission, bulles et échanges, et accords. Les options ne sont pas mutuellement exclusives. La Table n'a pas pu présenter de recommandations précises concernant la gestion des risques, à cause d'opinions divergentes quant aux cibles de réduction des émissions et à la faisabilité technique et économique des mesures de réduction proposées. Cependant, l'industrie, les intervenants et les représentants d'Environnement Canada siégeant à la Table se sont généralement entendus pour appliquer aux nouvelles installations une limite d'émission de 0,03 livre de matières particulaires par million de BTU d'apport en chaleur (12,9 nanogrammes par joule).

Nouvelles lignes directrices sur les émissions des centrales thermiques

Les nouvelles *Lignes directrices sur les émissions des centrales thermiques* sont une version révisée des *Lignes directrices nationales sur les émissions des centrales thermiques nouvelles* publiées le 15 mai 1993. Les lignes directrices révisées ont été publiées dans la partie I de la *Gazette du Canada* en janvier 2003. Elles fixent des limites cibles pour les émissions des nouveaux générateurs d'électricité alimentés aux combustibles fossiles.

Conformément aux lignes directrices, le taux horaire moyen de rejet de matières particulaires dans l'air ambiant au cours d'une période de 720 heures ne doit pas dépasser 0,0095 kg/MWh de rendement énergétique net. De plus, les lignes directrices recommandent de procéder à des essais sur les émissions et à la surveillance de celles-ci, ainsi que d'évaluer la faisabilité des mesures de réduction des émissions pour les générateurs existants.

Progrès à ce jour : La mise en œuvre de ces lignes directrices n'est pas surveillée par Environnement et Changement climatique Canada. Aucun changement significatif des rejets de cadmium provenant du secteur de la production d'électricité n'a été enregistré dans les inventaires de rejets après la mise en place des lignes directrices. Environnement et Changement climatique Canada prévoit d'examiner et de mettre à jour les lignes directrices au besoin.

Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone — secteur de l'électricité thermique au charbon

Ce [règlement](#) a été publié en septembre 2012 et est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2015. Il établit une norme de performance de 420 t de dioxyde de carbone par gigawattheure d'électricité produite. Cette norme s'applique aux nouvelles centrales au charbon mises en service le 1^{er} juillet 2015 ou après ainsi qu'aux groupes existants qui ont atteint la fin de leur vie utile aux termes du Règlement (45 à 50 ans en général). Comme le cadmium est rejeté lors de la combustion du charbon, sa quantité sera également réduite à la fermeture des installations.

En décembre 2018, le gouvernement du Canada a publié des [modifications de ce règlement](#) pour accélérer l'élimination progressive des centrales au charbon classiques avant 2030. D'ici cette date, toutes les installations devraient soit avoir fermé, être passées à des combustibles moins polluants pour la totalité ou une partie de leur alimentation ou avoir adopté un système de captage et de stockage du carbone afin de respecter la norme. Dans la plupart des cas, l'option la plus probable est la fermeture de l'installation, ce qui atténuerait les émissions de cadmium. La plus grande partie des réductions d'émissions se déroulera entre 2020 et 2030, et seules des réductions relativement petites seront obtenues avant cette période.

Progrès à ce jour : On a besoin de plus de données pour évaluer le succès de ce règlement. Les émissions du secteur continueront d'être surveillées grâce aux déclarations exigées dans le cadre de l'INRP, et l'IEPA sera tenu à jour en ce qui concerne la production d'électricité à partir de charbon jusqu'à l'élimination de cette activité au Canada. L'analyse des données des inventaires de rejets montre que les rejets de cadmium de ce secteur ont déjà baissé considérablement depuis 2012 (4,01 t en 2012 contre 2,51 t en 2020).

4.1.3.1 Chauffage commercial, résidentiel et industriel

Les émissions de ce secteur découlent surtout de la combustion d'huile, de gaz naturel, de bois ou d'autres sources de combustible servant au chauffage des établissements commerciaux, de santé et d'éducation, des installations gouvernementales et d'administration publique, des résidences et des chantiers de construction.

Aucune mesure fédérale de gestion des risques n'a été mise en place pour gérer les rejets de ces sources, et ceux-ci sont restés relativement inchangés au cours de la période 1994-2020.

Constats et recommandations

L'électricité produite à partir de la combustion de charbon est une source de rejets de cadmium dans l'air. Les mesures visant à réduire les émissions de matières particulaires des centrales au charbon entraîneront des réductions des rejets de cadmium. Compte tenu de l'intégration de l'emploi de combustibles dans des installations fixes parmi les secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994, les mesures prises pour réduire les matières particulaires sont appropriées et se rapportent directement au domaine pour lequel une entente avait été obtenue dans le rapport issu du Processus des options stratégiques.

La transition vers des sources d'électricité renouvelables et la mise en œuvre de mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants ont eu comme avantage connexe de réduire le cadmium rejeté par le secteur. L'élimination progressive de l'électricité produite à partir de charbon d'ici 2030 réduira ces émissions au plus bas niveau possible et appuiera la progression vers l'atteinte des objectifs environnemental et de gestion des risques.

Les mesures applicables au secteur se sont beaucoup axées sur les centrales au charbon, puisque celles-ci sont de gros émetteurs de gaz à effet de serre. Malheureusement, le problème de la combustion commerciale, institutionnelle et résidentielle de combustibles (c'est-à-dire l'utilisation de chaudières ou la combustion de bois pour le chauffage résidentiel) demeure largement non abordé par le gouvernement fédéral. Ce secteur contribue de façon importante aux rejets totaux de cadmium, parce que son recours à un brûlage relativement incontrôlé entraîne le rejet d'une grande quantité de matières particulaires.

Il est recommandé qu'Environnement et Changement climatique Canada étudie plus en profondeur les rejets de cadmium du chauffage, en collaboration avec les gouvernements provinciaux et territoriaux au besoin.

4.1.4 Déchets et biosolides municipaux

Le cadmium peut se retrouver dans les déchets en raison de l'utilisation de procédés industriels ou manufacturiers, ou de l'élimination de batteries et d'appareils électroniques ou d'autres produits. Comme indiqué à la section 2.3.2, le cadmium peut également être présent dans les biosolides municipaux après le traitement d'eaux usées contenant du cadmium qui sont entrées dans le réseau d'égouts municipal en provenance de sources commerciales, industrielles et résidentielles. Selon leur qualité, les biosolides municipaux peuvent être épandus, utilisés comme sources de combustible ou envoyés vers des sites d'enfouissement pour être éliminés.

Le cadmium peut s'accumuler dans le sol si des biosolides municipaux sont épandus de manière répétée. Si le cadmium est présent dans ces biosolides à des concentrations élevées et que ceux-ci sont épandus de manière non adéquate, il peut en découler des préoccupations pour la santé et l'environnement. La plupart des gouvernements ont des règlements fixant des limites aux concentrations de métaux dans les biosolides municipaux épandus et aux concentrations de métaux dans le sol. Ces limites sont habituellement semblables aux limites réglementaires établies pour les métaux dans les engrais chimiques ou d'autres produits d'amélioration du sol.

Selon l'évaluation de 1994, l'élimination des déchets solides et l'épandage de boues d'épuration constituaient des sources de rejets de cadmium dans l'environnement. À cette époque, on disposait de peu de renseignements sur la nature des déchets et la quantité de cadmium biodisponible qui

pourrait être rejeté. À mesure que les municipalités ont installé des systèmes de traitement des eaux usées et les ont améliorés et modernisés, la quantité de biosolides municipaux produits a augmenté. Elle continuera probablement de le faire alors que seront appliquées les normes minimales de traitement des eaux usées par suite de l'entrée en vigueur du *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées* en 2015.

4.1.4.1 Déchets solides

Au Canada, la responsabilité de la gestion et de la réduction des déchets est partagée entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux et les administrations municipales. Ces dernières gèrent la collecte, le recyclage, le compostage et l'élimination des ordures ménagères, tandis que les gouvernements provinciaux et territoriaux établissent les politiques et les programmes de réduction des déchets, et approuvent et surveillent les installations et les activités de gestion des déchets, y compris les installations de gestion des déchets dangereux. Comme le cadmium peut se trouver dans les matières recyclables dangereuses et les déchets dangereux, la bonne gestion de ceux-ci contribue aux efforts de gestion des risques.

Quant au gouvernement fédéral, ses activités complètent celles des autres ordres de gouvernement. Il contrôle les mouvements internationaux et interprovinciaux des matières recyclables dangereuses et des déchets dangereux et détermine les approches et les pratiques exemplaires qui permettront de réduire les émissions de polluants et de gaz à effet de serre dues à la gestion des déchets.

Par un large éventail de programmes, le gouvernement fédéral offre des fonds pour des projets pilotes, des activités communautaires et des infrastructures majeures en vue de réduire les déchets envoyés aux sites d'enfouissement et d'améliorer la façon dont le Canada gère ses ressources. De plus, il collabore avec les partenaires provinciaux, territoriaux, municipaux et autochtones pour élaborer et appliquer des normes relatives à des questions d'intérêt commun, comme la gestion des plastiques et du mercure provenant des lampes fluorescentes usagées. Par l'entremise du Conseil canadien des ministres de l'environnement, les ministres de l'environnement des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux travaillent ensemble pour améliorer les politiques et les pratiques de réduction des déchets au Canada.

Lignes directrices nationales sur les sites d'enfouissement de déchets dangereux

Ce document a été commandé par le Conseil canadien des ministres de l'environnement en 2006 afin d'établir des lignes directrices sur les sites d'enfouissement technique de déchets dangereux. Les lignes directrices visent à offrir un cadre de référence quant aux exigences de conception, d'exploitation et de performance de base aux divers organismes de réglementation fédéraux, provinciaux et territoriaux ainsi qu'aux concepteurs, propriétaires et exploitants de tels sites au Canada. Elles n'établissent pas de seuil pour les concentrations de contaminants dans les déchets ou le lixiviat, mais recommandent plutôt des critères de performance dont peuvent tenir compte les organismes de réglementation dans leurs programmes de déclaration ou de permis municipaux ou provinciaux.

Progrès à ce jour : La mise en œuvre de ces lignes directrices n'est pas surveillée. Selon les données de l'INRP, les installations industrielles ont déclaré au fil du temps avoir transféré une quantité accrue de déchets de cadmium vers d'autres sites à des fins de traitement. Durant la même période, une quantité accrue de déchets de cadmium a été enfouie par des installations de traitement de déchets dangereux. Toujours durant cette période, les rejets dans l'environnement déclarés par les installations de traitement de déchets dangereux sont demeurés stables ou ont légèrement baissé.

Cependant, comme ces lignes directrices volontaires ne font pas l'objet d'une déclaration, il est difficile de lier directement les données des inventaires à leur mise en œuvre.

Règlement sur l'exportation et l'importation de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses

Le premier *Règlement sur l'exportation et l'importation des déchets dangereux* est entré en vigueur le 26 novembre 1992, en vertu d'une version antérieure de la LCPE. Ce règlement a été remplacé par le *Règlement sur l'exportation et l'importation de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses* en novembre 2005. Le Règlement établit un régime de permis pour contrôler et surveiller les mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et des matières recyclables dangereuses entre le Canada et d'autres pays.

Le Règlement a été modifié en 2012, principalement pour régler quelques problèmes mineurs de clarté et d'incohérence qui avaient été soulevés par le Comité mixte permanent d'examen de la réglementation. Il a de nouveau été modifié en 2016 pour renforcer la capacité du Canada à respecter deux de ses obligations en vertu de la Convention de Bâle : l'obligation d'obtenir le consentement des pays d'importation et des pays de transit pour toute exportation canadienne de déchets ou de matières recyclables visés par la Convention de Bâle, y compris les ordures ménagères; et l'obligation de reprendre ou de renvoyer les envois qui ne peuvent être réalisés comme prévu.

Les déchets contenant du cadmium sont considérés comme dangereux aux termes de ce règlement. De plus, ce dernier exige l'évaluation des matières dont la taille est inférieure à un certain seuil au moyen d'un essai de caractérisation du lixiviat. Cet essai évalue la mobilité de plusieurs contaminants susceptibles de se trouver dans les déchets et les matières recyclables ainsi que leur potentiel de rejet. S'il indique que le cadmium est présent à des concentrations égales ou supérieures à 0,500 mg/L, alors les matières sont considérées comme dangereuses.

Progrès à ce jour : Ce règlement a été abrogé en 2021 avec la mise en place du *Règlement sur les mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses*. Aucune donnée de mesure du rendement fondée sur l'instrument n'est disponible à son sujet. Cependant, les envois de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses contenant du cadmium sont suivis en vertu du Règlement. Les données sur le nombre de tels envois sont disponibles pour la période 2010-2021, mais elles ne précisent pas la quantité de cadmium dans chaque envoi, puisque ceux-ci contiennent généralement plus d'un composant dangereux.

Les rapports produits en vertu de ce règlement indiquent que la plupart des envois sont des exportations et que le nombre d'exportations semble avoir légèrement diminué avec le temps. Parallèlement, les importations ont augmenté, surtout dans les deux dernières années. Les importations sont surtout destinées à des activités d'élimination écologiquement rationnelle, bien que le nombre d'envois reçus à des fins de recyclage ou de récupération de métaux ait récemment beaucoup augmenté. La majorité des exportations sont destinées à des activités de recyclage et de récupération de métaux, mais un petit nombre d'entre elles sont destinées à une élimination écologiquement rationnelle. Les exportations sont pour la plupart envoyées aux États-Unis, et en plus petites quantités en Corée du Sud, au Mexique, au Royaume-Uni et en France. Les importations proviennent de l'Allemagne, de la Finlande, de la Suisse, de la Barbade et de l'Irlande.

Règlement sur les mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses

Le *Règlement sur les mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses* (RMT) est entré en vigueur le 31 octobre 2021. Il vise à assurer que les envois de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses qui traversent les frontières internationales, interprovinciales ou territoriales du Canada atteignent leur destination prévue afin de réduire le rejet de contaminants dans l'environnement, au Canada et ailleurs. À son entrée en vigueur, il a regroupé et remplacé trois règlements précédents : le *Règlement sur l'exportation et l'importation de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses*, le *Règlement sur l'exportation des déchets contenant des BPC (1996)*, et le *Règlement sur les mouvements interprovinciaux des déchets dangereux*.

Le RMT regroupe et simplifie les exigences établies dans des règlements précédents et clarifie les définitions canadiennes de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses en plus de les harmoniser aux définitions en usage ailleurs dans le monde. Il offre également la flexibilité nécessaire pour observer efficacement les mouvements à l'aide d'un système de suivi électronique, et améliore la gestion et l'administration globale des règlements. De plus, il aide le Canada à respecter ses obligations en vertu d'accords internationaux¹⁴.

Une modification importante pour la gestion des risques du cadmium est que le nouveau règlement exige un essai plus complet des déchets devant traverser des frontières provinciales ou internationales. Les nouvelles exigences éliminent les lacunes relatives à l'essai de toxicité du lixiviat, de sorte que tous les déchets devront être mis à l'essai, quelle que soit la taille des matières.

Progrès à ce jour : Le Règlement est entré en vigueur récemment. Les données continueront d'être recueillies durant les années à venir pour orienter la gestion future des risques du cadmium.

4.1.4.2 Biosolides municipaux

Le cadre de gestion des biosolides ressemble à celui de la gestion des déchets. En général, les biosolides municipaux sont gérés de manière similaire dans tout le Canada, c'est-à-dire qu'ils doivent respecter certains critères relatifs aux procédés et à la qualité pour pouvoir être utilisés à des fins particulières. Par exemple, certaines administrations ont élaboré des critères de qualité pour divers paramètres, notamment les métaux et les agents pathogènes.

Les provinces sont chargées d'établir les politiques relatives aux biosolides municipaux. Elles ont toutes soit créé leur propre politique, soit utilisé celle d'une autre province. Dans les territoires, les installations qui produisent les biosolides municipaux peuvent relever d'organismes fédéraux ou territoriaux. Ces organismes, de même que les normes, exigences et lignes directrices pertinentes, peuvent viser un ou plusieurs aspects du cycle de vie des biosolides, y compris la production, la

¹⁴ Les obligations et engagements internationaux du Canada concernant la gestion et les mouvements transfrontaliers des déchets découlent des instruments suivants : Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination; Décision C(2001)/107/FINAL du Conseil de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) concernant le contrôle des mouvements transfrontières de déchets destinés à des opérations de valorisation; Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis d'Amérique concernant les déplacements transfrontaliers des déchets dangereux; Arrangement entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis d'Amérique concernant la gestion écologiquement rationnelle des déchets et débris non dangereux faisant l'objet de mouvements transfrontières.

manipulation, l'entreposage, le transport, la valorisation et les méthodes d'élimination. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a travaillé pour soutenir l'harmonisation du traitement des eaux usées et de la gestion des biosolides entre les provinces et les territoires du Canada.

À l'échelon fédéral, l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) réglemente les biosolides municipaux qui sont fabriqués, importés ou vendus au Canada en tant qu'engrais, compost ou supplément pour le sol à l'aide du *Règlement sur les engrais*. L'ACIA réalise des évaluations préalables à la commercialisation des engrais. Ces évaluations consistent en des examens détaillés et fondés sur la science des renseignements sur l'innocuité du produit et de l'étiquetage. Elles sont axées sur l'évaluation de l'innocuité du produit pour les humains, les plantes, les animaux et l'environnement. Pour les réaliser, l'Agence a besoin d'information à l'appui, dont la portée varie selon la nature du produit. L'information de base comprend l'étiquette du produit, la méthode de fabrication et la liste complète des ingrédients et des matériaux sources. De l'information supplémentaire peut être requise pour certains produits. Il peut s'agir d'une description détaillée des propriétés physiques et chimiques de chaque ingrédient, des résultats d'essais analytiques montrant l'absence de contaminants biologiques et chimiques, ou d'un ensemble de données toxicologiques provenant d'études en laboratoire ou de publications scientifiques.

Les évaluations de l'innocuité sont menées par une équipe d'évaluateurs formés et hautement qualifiés. Ceux-ci examinent tous les ingrédients d'un engrais ou d'un supplément, y compris les composants actifs ainsi que les produits de formulation, charges, additifs, contaminants potentiels et sous-produits susceptibles d'être rejetés dans l'environnement à cause de l'utilisation et de l'épandage du produit. L'ACIA examine également les effets non intentionnels et potentiellement nocifs de l'épandage du produit, qui peuvent comprendre l'exposition des travailleurs et des personnes à proximité (par exemple détaillants, agriculteurs, propriétaires résidentiels), la salubrité des aliments cultivés sur des terres traitées avec le produit, les effets sur les animaux et les plantes autres que l'espèce cultivée visée, et les effets sur l'écosystème, notamment les effets sur les sols et la biodiversité, et le lessivage dans des cours d'eau.

De plus, l'ACIA surveille les engrais et les suppléments qui sont déjà offerts sur le marché pour vérifier leur conformité aux normes prescrites. Dans tout le pays, les inspecteurs de l'ACIA visitent les installations, échantillonnent les produits et examinent les étiquettes. Ces travaux visent à vérifier que les produits satisfont aux normes de salubrité relatives aux contaminants biologiques et chimiques (agents pathogènes, métaux lourds, résidus de pesticides, et dioxines et furanes). Les produits non conformes font l'objet de mesures réglementaires, qui peuvent comprendre la rétention des produits (arrêt de la vente) et, dans les cas graves, des poursuites judiciaires.

Approche pancanadienne pour la gestion des biosolides issus de l'épuration des eaux usées

Le CCME a élaboré une approche de gestion des biosolides issus de l'épuration des eaux usées en 2012 pour compléter la Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales. L'approche et les lignes directrices connexes intitulées *Guide pour la valorisation des biosolides municipaux, des boues municipales et des boues de fosses septiques traitées* présentent des pratiques exemplaires de gestion et encouragent la valorisation et la bonne gestion des biosolides municipaux au Canada en se fondant sur quatre principes :

Principe 1 : Les biosolides municipaux, les boues municipales et les boues de fosses septiques traitées contiennent des éléments nutritifs et de la matière organique utiles que l'on peut soit recycler ou récupérer sous forme d'énergie.

Principe 2 : Une réduction à la source des contaminants et un traitement adéquat des boues municipales et des boues de fosses septiques devraient réduire efficacement les agents pathogènes, les éléments traces métalliques, l'attraction de vecteurs, les odeurs et divers contaminants d'intérêt.

Principe 3 : La valorisation des biosolides municipaux, des boues municipales et des boues de fosses septiques devrait réduire au minimum les émissions nettes de gaz à effet de serre.

Principe 4 : Les méthodes de valorisation et les bonnes pratiques de gestion des boues municipales et des boues de fosses septiques traitées doivent respecter l'ensemble des normes, exigences et lignes directrices applicables en matière d'innocuité, de qualité et de gestion.

L'approche et le guide nomment et justifient les facteurs que les administrations peuvent prendre en compte lorsqu'elles conçoivent un programme de gestion des biosolides. Le guide fournit également des renseignements aux décideurs sur les cas de valorisation avantageux de biosolides (par exemple production d'énergie, compost et produits pour le sol, épandage en tant qu'amendement synthétique à des fins agricoles, forestières ou de remise en état) et la façon d'atténuer les préoccupations relatives à l'environnement et à la santé humaine qui peuvent découler de la valorisation. De plus, il mentionne que le CCME a publié en 2005 les *Lignes directrices pour la qualité du compost*, qui comprennent des limites relatives au cadmium. Celles-ci s'appliqueraient à tout biosolide devant être utilisé comme compost et concordent avec les limites de teneur établies par le Conseil canadien des normes et le Bureau de normalisation du Québec.

Progrès à ce jour : La mise en œuvre du guide n'est pas surveillée. Un examen des données de l'INRP sur les éliminations révèle qu'environ la moitié du cadmium se retrouve dans les sites d'enfouissement et qu'environ la moitié est épandue. La quantité de cadmium éliminée par les activités de traitement des eaux usées n'a pas changé beaucoup au fil du temps.

Loi sur les engrais et Règlement sur les engrais

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) gère les normes visant à garantir l'innocuité et la qualité des produits en ce qui a trait à la teneur en métaux traces, à la contamination par les dioxines et les furanes et aux pathogènes en vertu de la *Loi sur les engrais* et du *Règlement sur les engrais*. Des lois sur les engrais sont en place depuis 1867 environ. Plus récemment, en 2020, la *Loi sur les engrais* et le *Règlement sur les engrais* ont été modifiés lors d'un exercice de modernisation conduit pour éliminer les lacunes relevées pendant un examen du Règlement entamé en 2011. Le Règlement interdit la fabrication, la vente et l'importation de tout engrais ou supplément qui contient une substance ou un mélange de substances en des quantités qui présentent un risque pour les humains, les animaux, les plantes ou l'environnement. Les engrais destinés uniquement à l'exportation sont exemptés du Règlement. Les modifications exigent en outre que les fabricants, importateurs et exportateurs d'engrais enregistrent leurs produits auprès de l'ACIA, sauf si ceux-ci figurent sur la Liste des composants de base des engrais et suppléments ou sont exemptés pour une autre raison. Les biosolides municipaux ayant subi un traitement physique, chimique ou biologique, ou une combinaison de ces traitements, qui a un effet d'atténuation de la présence et de l'effet des substances généralement nuisibles ou gravement nocives pouvant être associées aux formes non traitées de ces matières sont exclus des exigences d'enregistrement. Ils doivent cependant quand même satisfaire aux normes de qualité (y compris les limites de teneur en cadmium, voir la section 2.3.2) établies par l'ACIA dans la circulaire à la profession T-4-93 pour pouvoir être vendus ou importés, en plus des directives d'utilisation formulées par les provinces et les municipalités. En

outre, conformément à la *Loi sur les engrais*, les engrais ne doivent pas contenir de substance qui laisserait des résidus de substance nocive ou toxique dans les tissus des plantes.

Progrès à ce jour : L'évaluation du Programme des engrais effectuée en 2013 indique un taux de conformité moyen de 77 % en ce qui concerne la teneur en métaux et en éléments nutritifs secondaires des engrais inspectés entre 2009 et 2012. Il est trop tôt pour faire part des progrès réalisés après les nouvelles modifications, mais celles-ci devraient aider l'ACIA à mieux gérer les risques émergents tels que les contaminants (chimiques et biologiques), les mauvaises sources de matières premières, le réacheminement des déchets vers les flux d'engrais, et les résidus toxiques dans les aliments pour humains et animaux. L'ACIA sera aussi plus à même de contribuer à l'atténuation des préoccupations concernant la pollution par les nutriments, et la contamination et l'eutrophisation des bassins versants (apport excessif en nutriments), lesquelles sont souvent attribuées à l'emploi d'engrais et concourent aux changements climatiques. Ces derniers peuvent influencer la durabilité globale des pratiques agricoles, ce qui est devenu une préoccupation importante des organismes réglementaires au pays et à l'étranger au cours des dernières années. Cette approche améliorera en outre l'harmonisation entre les approches suivies par les organismes réglementaires pour atteindre les vastes objectifs de durabilité et de protection de l'environnement du gouvernement du Canada.

Constats et recommandations

La gestion des déchets et des biosolides est une question complexe touchant de multiples ordres de gouvernement. La plupart des mesures directes visant ce secteur sont surtout entreprises aux échelons provincial, territorial et municipal étant donné la division des pouvoirs fédéraux et provinciaux. Les initiatives fédérales se sont axées sur l'offre de soutien pour harmoniser les programmes de gestion des déchets et des biosolides municipaux au Canada afin d'assurer un niveau uniforme de gestion des risques.

Le CCME a encouragé les gouvernements à réacheminer les biosolides municipaux pour les utiliser de façon avantageuse, notamment les épandre en tant qu'engrais, compost ou amendements de synthèse. Dans son évaluation de 2013 du Programme des engrais, l'ACIA a soulevé la préoccupation que l'innocuité des engrais issus de déchets contenant des métaux traces, comme le cadmium, dépend largement de l'utilisation. La surcharge en contaminants constitue la préoccupation principale, puisque les seuils maximaux des engrais sur le marché se fondent sur des calculs utilisant des quantités cumulatives sur une période de 45 ans qui reposent sur les directives d'utilisation inscrites sur le produit. L'ACIA n'a pas le mandat de procéder à des essais sur les sols, et les concentrations maximales permises indiquées dans les normes sont basées sur l'hypothèse que les sols n'ont pas été précédemment contaminés. Le ruissellement des terres est considéré comme une source potentielle de la contamination par le cadmium qui contribue aux menaces pesant sur le rétablissement de l'épaulard résident du sud et du saumon chinook, sa proie (voir la section 4.2 pour en savoir plus). De plus, l'eau échantillonnée près de sites agricoles avait une teneur en cadmium plus élevée que celle d'autres sites. Il est recommandé qu'Environnement et Changement climatique Canada envisage de surveiller le sol et le ruissellement des eaux de surface pour mieux comprendre les risques du cadmium pour l'environnement.

4.1.5 Mesures multisectorielles

Programme Accélération de la réduction/Élimination des toxiques

Le programme Accélération de la réduction/Élimination des toxiques (ARET) était une initiative non réglementaire et volontaire du gouvernement du Canada qui visait 117 substances toxiques choisies en fonction de données sur la toxicité, la persistance et la bioaccumulation. L'un de ses principaux

objectifs était de motiver l'industrie à prendre rapidement des mesures à l'égard des substances toxiques grâce à un processus ouvert et inclusif (Environnement Canada, 2000). Il s'agissait de l'un des premiers essais de prise de mesures touchant plusieurs secteurs industriels et la première initiative de gestion des risques pertinente en ce qui a trait au cadmium.

En 1994, le Comité des intervenants d'ARET a lancé à huit secteurs industriels le défi d'éliminer ou de réduire volontairement de 90 % leurs rejets de substances toxiques, persistantes et bioaccumulables et de réduire les rejets de toutes les autres substances toxiques de 50 % avant l'année 2000. Les membres du Comité d'ARET ne se sont pas entendus quant à l'intégration du cadmium et de quelques autres substances dans le groupe des substances toxiques, persistantes et bioaccumulables (substances de catégorie A), parce que l'on ne disposait pas d'assez de données à l'époque pour dire que le cadmium était bioaccumulable. Ils ont plutôt décidé que le défi relatif aux substances toxiques, mais pas nécessairement persistantes et bioaccumulables (substances de catégorie B) consisterait à réduire autant que possible les émissions. Pour toutes les substances, les participants industriels ont choisi une année de référence ultérieure à 1987 et communiqué les réductions par rapport à cette année ainsi que décrit leurs engagements dans un plan d'action accessible au public.

Progrès réalisés : La Direction générale de l'audit et de l'évaluation d'Environnement Canada a mené l'évaluation du programme ARET et conclu que les objectifs du défi d'ARET avaient été atteints et dépassés dans la plupart des cas (Environnement Canada, 2000). Cependant, elle a aussi constaté que le programme n'avait pas été l'un des principaux facteurs ayant motivé l'industrie à réduire les rejets de substances toxiques. D'autres facteurs, comme les règlements, la modernisation et les décisions opérationnelles, avaient joué un rôle plus important. Un autre problème du programme cerné dans l'évaluation était le choix de l'année de référence. Bien qu'il ait été communiqué dans le cadre du programme que les émissions de cadmium en 2000 étaient de 76 % inférieures à celles de l'année de référence (1987) – une réduction totale de 113 t (Environnement Canada, 2003) –, l'évaluation a révélé que 87 % des réductions signalées pour les substances toxiques, persistantes et bioaccumulables avaient été réalisées entre 1988 et 1993, soit avant la mise en place du programme. Il en va de même pour le cadmium, c'est-à-dire que 87 % des réductions avaient été réalisées entre l'année de référence et 1995. Les émissions de cadmium ont ensuite augmenté entre 1995 et 1999; elles s'élevaient initialement à 27,2 t et ont atteint un sommet de 47,6 t en 1997, avant de chuter à 13 t en 2000, selon les données déclarées au programme.

Une autre évaluation menée par des chercheurs universitaires a été essentielle au succès du programme ARET, surtout en raison de l'emploi d'un mécanisme d'autodéclaration du succès (Antweiler & Harrison, 2006; Antweiler & Harrison, 2007). L'un des principaux indicateurs de succès utilisé dans les articles d'Antweiler et Harrison consistait à comparer les valeurs de rejets déclarées au programme avec les valeurs de rejets enregistrées par l'INRP. Les auteurs ont avancé que pour certaines substances, les participants au programme avaient moins réduit leurs rejets que leurs homologues n'y ayant pas participé, et que les rejets déclarés à l'INRP étaient souvent beaucoup plus élevés que ceux déclarés au programme.

Aux fins de la présente évaluation du rendement, Environnement et Changement climatique Canada a reproduit les méthodes de comparaison de ces articles en utilisant les données de l'INRP les plus à jour. Il a été constaté que pour le cadmium en particulier, les participants au programme ARET étaient responsables de 95 à 99 % des rejets déclarés chaque année à l'INRP entre 1994 et 2002. Cependant, de grands écarts ont été remarqués entre les données d'estimation des rejets communiquées à l'INRP et les données communiquées au programme. Ils pourraient s'expliquer

par diverses raisons, notamment les corrections apportées par les installations ainsi que des coefficients d'émission différents ou les recalculs effectués depuis. Néanmoins, la tendance globale des rejets enregistrés par le programme et l'INRP est relativement cohérente entre 1995 et 1999. Les deux inventaires ont noté une hausse entre 1995 et 1998, suivie d'une légère baisse.

Malgré ses faiblesses, le programme ARET ciblait les principaux secteurs industriels préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994 ainsi que la principale voie de rejet, et mobilisait les secteurs à l'origine de la plupart des rejets de cadmium. Bien que le rapport final du programme indique une diminution de 76 % des rejets de cadmium (Environnement Canada, 2003), un examen plus approfondi des rejets annuels de cadmium et de données de l'INRP montre que ce programme volontaire a échoué à réduire les rejets et est peu susceptible d'avoir contribué aux progrès vers l'atteinte des objectifs environnemental et de gestion des risques établis pour les composés inorganiques de cadmium. Néanmoins, il pourrait avoir aidé à recueillir des données, à accroître la sensibilisation à propos des rejets industriels de substances toxiques et à mobiliser l'industrie pour poursuivre le dialogue sur les mesures de réduction des émissions. En particulier, le Processus des options stratégiques qui l'a suivi a utilisé les données et les renseignements obtenus grâce à lui afin d'orienter et d' étoffer les rapports produits par les tables de concertation.

Stratégies de réduction des émissions de multiples polluants

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement a adopté les Standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone en 2000. Ces normes fixent des limites pour l'ozone et les matières particulaires ambiantes inférieures à 2,5 microns qui devaient être satisfaites avant 2010. Dans le cadre des efforts visant leur satisfaction, les ministres de l'environnement ont convenu d'une liste de mesures devant réduire les émissions de polluants qui contribuent aux matières particulaires et à l'ozone. Ces mesures comprenaient l'élaboration de stratégies complètes de réduction des émissions de multiples polluants pour des secteurs industriels clés. Cette approche a été adoptée afin d'appliquer des solutions intégrées aux problèmes du smog, des pluies acides, des rejets toxiques et des changements climatiques. En soutien de ces travaux, le gouvernement a présenté des rapports de base pour l'analyse de la réduction des émissions nationales de multiples polluants qui comportaient des études sur la faisabilité technique et les coûts des options de réduction des émissions, des profils économiques et des commentaires sur l'élaboration de mesures et de plans sectoriels.

Les secteurs cernés pour l'élaboration d'une stratégie de réduction des émissions de multiples polluants comprennent ceux de la production d'électricité, de la fusion des métaux communs, du fer et de l'acier, des pâtes et papiers, des produits du bois d'œuvre et produits connexes, du béton prêt à l'emploi, et du bitume mélangé à chaud. Leur choix repose sur plusieurs facteurs, dont les suivants :

- Ces secteurs sont des sources importantes d'émissions directes de matières particulaires et de polluants précurseurs de matières particulaires et de l'ozone, selon les meilleures données disponibles.
- Ces secteurs se trouvent dans la plupart des provinces et territoires et concernent de nombreuses collectivités canadiennes.
- Des mesures efficaces nécessitent une approche multigouvernementale.
- Des mesures efficaces peuvent être entreprises à court terme.

Plusieurs des secteurs cernés pour l'élaboration d'une stratégie sont aussi des secteurs préoccupants en raison de leurs rejets atmosphériques de cadmium : production d'électricité, fusion des métaux communs, et fer et acier.

Progrès : On ne dispose d'aucun renseignement sur les stratégies élaborées ou sur le succès de cette initiative. Les Standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone ont été remplacés par les Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant dans le cadre du Système de gestion de la qualité de l'air (SGQA). Les ministres fédéral et provinciaux de l'environnement¹⁵ ont accepté de mettre en place un nouveau système de gestion de la qualité de l'air en 2012 pour orienter les travaux sur les émissions atmosphériques au Canada afin de mieux protéger la santé humaine et l'environnement. Le SGQA constitue une approche collaborative et complète adoptée par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux pour réduire les émissions et les concentrations ambiantes de divers polluants préoccupants. Il fournit un cadre pour la prise de mesures collaboratives au Canada en vue de renforcer la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les polluants atmosphériques nocifs par une amélioration continue de la qualité de l'air.

Exigences de base relatives aux émissions industrielles

Le SGQA a pour principe que toutes les sources industrielles importantes au Canada, quel que soit l'emplacement des installations, atteignent un bon niveau de base en matière de performance. Les exigences de base relatives aux émissions industrielles (EBEI) ont été conçues en tenant compte de ce principe. Il s'agit d'exigences quantitatives ou qualitatives relatives aux émissions qui sont proposées pour les grands secteurs industriels nouveaux et existants et certains types d'équipement. Les EBEI sont axées sur les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les composés organiques volatils (COV) et les matières particulaires (PM). Elles ne sont pas conçues pour être le seul instrument servant à améliorer la qualité de l'air, mais visent à soutenir les cadres stratégiques fédéraux, provinciaux et territoriaux existants. Le gouvernement fédéral les a élaborées selon un processus à durée limitée axé sur le consensus fédéral-provincial-territorial, en consultation avec les intervenants. Plusieurs groupes d'experts en matière d'EBEI composés de membres de l'industrie et d'organisations non gouvernementales de l'environnement et de la santé ont été créés pour mener à bien ce travail. Le gouvernement fédéral devait produire la version définitive des EBEI en collaboration avec les provinces et les territoires et proposer des EBEI recommandées dans les cas où un consensus n'avait pu être obtenu.

Le cadmium peut faire partie des matières particulaires rejetées par certaines sources industrielles. Pour cette raison, les EBEI de certains secteurs sont utiles pour la gestion globale des risques du cadmium dans l'environnement. La réduction des émissions de matières particulaires de sources industrielles clés aura comme avantage conjoint de réduire les rejets de cadmium dans l'air. Les secteurs visés par le SGQA qui sont pertinents pour la gestion des risques du cadmium selon l'évaluation de 1994 ou l'importance de leurs rejets atmosphériques de cadmium tels qu'ils ont été déclarés à l'INRP et estimés dans l'IEPA sont les suivants : fusion des métaux communs, ciment, fer, acier et ilménite, et production d'électricité.

¹⁵ Même si le Québec soutient les objectifs généraux du SGQA, il ne mettra pas ce dernier en œuvre, car il comprend des exigences fédérales relatives aux émissions industrielles qui dupliquent la réglementation québécoise. La province collabore néanmoins avec les provinces et les territoires pour élaborer d'autres éléments du système, notamment les zones et les bassins atmosphériques.

Progrès à ce jour : Environnement et Changement climatique Canada applique les EBEI à l'aide d'une combinaison d'instruments réglementaires et non réglementaires. Certains d'entre eux ont été conçus à partir de travaux sur les EBEI et d'autres découlent de l'exécution par ECCC du Plan de gestion des produits chimiques, du programme climatique ou d'autres programmes. Quelques instruments réglementaires ont été présentés avant 2012 pour aider à réduire les polluants atmosphériques des véhicules et moteurs hors route, comme ceux employés dans des applications agricoles, forestières, minières et de construction. La mesure du rendement du SGQA et des instruments d'application des EBEI est en cours.

Comme indiqué dans les sections 4.1.1.1 et 4.1.1.2, les EBEI sont intégrées aux instruments de gestion des risques pour le secteur de la fusion des métaux communs et le secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite. Les installations travaillent à les appliquer, et les progrès sont surveillés par Environnement et Changement climatique Canada grâce à des rapports annuels.

La Direction générale de l'audit et de l'évaluation d'Environnement et Changement climatique Canada a récemment entrepris une évaluation de l'Initiative horizontale – Lutte contre la pollution atmosphérique (IH LPCA), qui est la pierre angulaire de l'approche du gouvernement fédéral à l'égard de la pollution atmosphérique. Le SGQA est un élément central de l'IH LPCA, et les EBEI sont des éléments essentiels du SGQA. L'évaluation de l'IH LPCA indique que malgré quelques progrès, certaines mesures d'atténuation prévues n'ont pas progressé dans la mesure envisagée à l'origine et que moins de progrès que prévu ont été réalisés dans l'élaboration et l'établissement de certaines EBEI. Plusieurs groupes d'experts en matière d'EBEI n'ont pas trouvé de consensus unanime quant à certaines sources ou à certains secteurs ou polluants. Dans d'autres cas, un consensus a été atteint avec tous les intervenants ou les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, mais aucun instrument fédéral n'a été élaboré. Par conséquent, les instruments pour quelques secteurs et polluants n'ont pas été élaborés à la fin du processus relatif aux EBEI. En réponse à l'évaluation de l'IH LPCA, un rapport sur les EBEI non satisfaites a été produit (Environnement et Changement climatique Canada, 2022b). Les EBEI non satisfaites présentant un intérêt pour le cadmium sont celles associées à la production d'électricité et au ciment.

Le rapport examine les mesures prises et relève qu'une partie importante des émissions provenant du secteur de l'électricité est déjà ciblée par des mesures fédérales et provinciales, notamment l'élimination progressive accélérée du charbon. Les mesures visant à éliminer progressivement l'électricité produite à partir de charbon vont bien au-delà de l'objectif initial des EBEI. En outre, les annonces récentes visant à éliminer les émissions nettes de carbone de la production d'électricité d'ici 2035 permettront de réduire encore davantage les polluants atmosphériques provenant de la plupart des types de production d'électricité. Le rapport conclut qu'en raison des récentes mesures fédérales et provinciales visant la production d'électricité, les objectifs initiaux des EBEI seront atteints lorsque toutes les mesures actuelles et proposées auront été pleinement mises en œuvre.

Dans le cas du secteur du ciment, les gouvernements et les intervenants n'ont pas trouvé de consensus quant aux matières particulaires totales pendant le processus relatif aux EBEI pour les usines de ciment gris et blanc. Aucun nouvel instrument fédéral permettant actuellement de réduire les émissions de matières particulaires totales du secteur n'a été mis en œuvre, mais les gouvernements provinciaux gèrent les émissions de particules au moyen de permis d'exploitation. Les mesures provinciales relatives aux matières particulaires totales répondent aux objectifs initiaux des EBEI, qui étaient principalement fondés sur des normes européennes. L'Alberta, l'Ontario et le Québec ont des normes d'émissions de particules et des règlements sur la lutte contre les poussières fugitives. Ces trois provinces sont responsables de 85 % de toutes les

émissions de matières particulaires totales du secteur. La Colombie-Britannique et la Nouvelle-Écosse ont également des normes d'émissions de particules. Le rapport conclut que les gouvernements provinciaux gèrent les émissions de particules au moyen de permis d'exploitation et que les EBEI pour les matières particulaires totales provenant du secteur du ciment sont prises en compte.

Constats et recommandations

Les mesures multisectorielles sont utiles pour cibler de nombreuses substances dans plusieurs secteurs. Elles sont aussi efficaces pour mobiliser les provinces, les territoires, l'industrie et les intervenants afin de recueillir les opinions et les commentaires. Cependant, l'atteinte d'un consensus au sujet des enjeux est souvent difficile, nécessite souvent de longs processus de groupes de travail ou d'experts, et entraîne des retards d'application. Peu de renseignements consolidés ont été rendus publics sur les progrès réalisés grâce à des mesures multisectorielles, ce qui complique l'évaluation de l'utilité de ces mesures. L'évaluation du rendement est encore en cours pour surveiller la satisfaction des EBEI. Il est attendu que les objectifs des EBEI seront bientôt atteints grâce à la pleine mise en œuvre des mesures de gestion des risques. Si des mesures multisectorielles doivent se poursuivre, il est recommandé que leurs buts et objectifs soient rendus publics, qu'une méthode claire et transparente de mesure du succès de l'application soit mise en place et que les progrès soient régulièrement surveillés et communiqués.

4.2 Collaboration et accords nationaux et internationaux

Accord Canada-Ontario sur la qualité de l'eau

L'Accord Canada-Ontario sur la qualité de l'eau et la santé de l'écosystème des Grands Lacs est l'accord fédéral-provincial visant la restauration et la protection de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Il définit la façon dont les deux gouvernements entendent coopérer et coordonner leurs activités en vue de la restauration, de la protection et de la conservation de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. C'est dans le cadre de cet accord que les ministères fédéraux canadiens interagissent avec les ministères provinciaux ontariens pour favoriser le respect des obligations du Canada en vertu de l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'eau des Grands Lacs.

Les parties ont signé leur premier accord en 1971. Depuis, la collectivité des Grands Lacs a collaboré pour mettre en œuvre neuf accords subséquents. Fondées sur une compréhension et un engagement communs, les réalisations comprennent des réductions importantes des substances toxiques persistantes et du phosphore excédentaire ainsi que le retour d'espèces indigènes telles que le pygargue à tête blanche.

L'annexe 2 de l'accord sert de guide pour les mesures visant à réduire ou à éliminer les rejets de polluants nocifs dans le bassin des Grands Lacs. Elle contient des engagements à coopérer à des activités précises de recherche, de suivi, de surveillance et de gestion des risques pour les substances chimiques préoccupantes, soit une liste de produits chimiques considérés par le Canada et l'Ontario comme préoccupants pour la santé humaine ou l'environnement.

L'accord signé en 1994 nommait un ensemble de substances chimiques préoccupantes présentes dans le bassin des Grands Lacs et énonçait des mesures pour réduire et prévenir les rejets. Il groupait ces substances en deux catégories : groupe 1 et groupe 2. Le cadmium figurait dans le groupe 2. Les substances de ce groupe ont le potentiel de susciter des effets étendus ou néfastes dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs, mais l'on dispose de moins de renseignements sur leur persistance et leur toxicité dans l'environnement et sur leurs effets sur la santé humaine que pour les substances du groupe 1.

Progrès à ce jour : En 2014, un examen a été entrepris pour évaluer les progrès réalisés dans la lutte contre les substances chimiques grâce à cet accord. Il a été constaté que bien que les concentrations aient diminué depuis le milieu des années 1990, le cadmium continuait de dépasser, à certains endroits, les recommandations pour la qualité des eaux (20 % des échantillons) et des sédiments (6 % des échantillons) formulées par le CCME et le gouvernement de l'Ontario. Les concentrations de cadmium dans les poissons étaient inférieures aux lignes directrices provinciales en matière de consommation. Dans le cadre de l'examen, les concentrations atmosphériques de cadmium dans le bassin des Grands Lacs ont également été analysées et se sont avérées inférieures au critère de qualité de l'air ambiant de l'Ontario. Des activités d'assainissement mises en œuvre conformément à l'accord permettent de gérer et d'éliminer la contamination par le cadmium et d'autres substances chimiques dans les secteurs préoccupants; il s'agit d'éléments des plans d'action et d'aménagement panlacustre. Dans l'Accord Canada-Ontario actuel signé en 2021, l'accent demeure placé sur les substances du groupe 1, jugées préoccupantes, pour lesquelles des mesures avaient été adoptées étant donné leur priorité élevée.

À ce jour, trois secteurs préoccupants ont été entièrement remis en état : le bras Severn, le port de Collingwood et le port de Wheatley. Pour qu'un site soit considéré comme entièrement remis en état, toutes les mesures d'assainissement doivent être terminées et les résultats de la surveillance doivent montrer que les critères relatifs à la qualité de l'eau et à la santé des écosystèmes sont satisfaits. Deux autres sites, soit le port de Spanish et la baie Jackfish, sont désignés comme étant en voie de rétablissement, ce qui signifie que toutes les mesures d'assainissement requises sont terminées, mais qu'il faut un plus de temps à l'environnement pour se rétablir complètement.

Des projets de gestion des sédiments contaminés ont été réalisés dans les secteurs préoccupants du port de Collingwood, du bras Severn et du havre Peninsula. Des projets d'assainissement des sédiments contaminés sont prévus ou en cours dans les secteurs préoccupants de Thunder Bay, de la rivière Sainte-Claire, du port de Hamilton et du port de Port Hope.

Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance

Le Canada est membre du Protocole relatif aux métaux lourds de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD) de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) depuis 1998. Le Protocole est un accord régional couvrant la plus grande partie de l'hémisphère Nord. Il nécessite que les parties réduisent leurs émissions de plomb, de cadmium et de mercure sous les niveaux de 1990 ou d'une autre année entre 1985 et 1995, inclusivement. S'il est qualifié de régional étant donné la zone géographique visée, il constitue le seul accord international en place pour réduire le cadmium et le plomb, et il a fourni le cadre de la Convention de Minamata sur le mercure. Il établit des limites pour les émissions provenant de sources fixes inscrites ainsi que des normes pour la teneur en mercure dans les produits, et exige que les pays éliminent progressivement l'essence au plomb. Dans le cadre du Protocole, des lignes directrices ont été élaborées sur les meilleures techniques disponibles pour contrôler et réduire les émissions de métaux lourds des sources fixes inscrites. Le Protocole offre aussi une orientation sur les mesures de gestion des produits.

Le Protocole a fait l'objet de modifications en 2012 afin d'offrir une certaine latitude pour la mise en œuvre et d'encourager la ratification par les pays à économie en transition, notamment les pays de l'Europe de l'Est, du Caucase, de l'Asie centrale et de l'Europe du Sud-Est.

Progrès à ce jour : La mise en œuvre du Protocole relatif aux métaux lourds a donné lieu à une diminution des niveaux de plomb, de cadmium et de mercure qui pénètrent dans l'environnement par des sources industrielles de l'Union européenne, du Canada et des États-Unis. D'autres

diminutions sont à prévoir lorsque le Protocole aura été ratifié et mis en œuvre par les pays de l'Europe de l'Est, du Caucase, d'Asie centrale et d'Europe du Sud-Est. Bien que les données montrent que du cadmium parvient au Canada par le transport de matières particulières en suspension dans l'air provenant des États-Unis, il est peu probable que la ratification du Protocole par de nouveaux pays engendrera des diminutions du cadmium au Canada, puisque les émissions de ce métal ne sont généralement pas transportées vers d'autres continents. Cela dit, les États-Unis ont pris des engagements relatifs à la réduction des matières particulières en vertu du Protocole de Göteborg (un autre protocole de la CPATLD) qui pourraient entraîner des réductions supplémentaires du cadmium transfrontalier. L'amélioration générale de la santé et des écosystèmes qui en découlera reste importante et pertinente pour le Canada.

Le Canada soumet des rapports d'inventaire sur les polluants visés par le Protocole relatif aux métaux lourds, notamment des inventaires complets des émissions de mercure, de plomb et de cadmium, dans sa présentation annuelle à la CEE-ONU. À l'heure actuelle, ses émissions atmosphériques de plomb, de cadmium et de mercure sont bien inférieures aux niveaux d'émissions de 1990. Il convient de noter qu'en 2008, le Canada avait réduit ses émissions de ces métaux de plus de 50 % par rapport à son année de référence (1990). Pour cette raison, il n'a pas à mettre en application les valeurs limites d'émissions pour les sources fixes nouvelles et actuelles ni les meilleures techniques disponibles pour les sources fixes actuelles.

Mesures de gestion des risques pour les contaminants touchant les baleines en voie de disparition

Plusieurs espèces de baleines sont indiquées comme étant en voie de disparition aux termes de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada, notamment l'épaulard résident du sud (*Orcinus orca*). [Le Programme de rétablissement des épaulards résidents \(*Orcinus orca*\) du nord et du sud au Canada](#) nomme les contaminants environnementaux, qui vont des polluants organiques persistants (POP), toxiques et bioaccumulables aux polluants biologiques, parmi les menaces importantes pour la viabilité et le rétablissement des populations d'épaulards. Le Programme recommande ce qui suit :

- Recenser et classer par ordre de priorité les principaux contaminants.
- Réduire l'introduction de polluants chimiques dans l'environnement.
- Atténuer les effets des polluants en usage actuellement.

Le Programme mentionne également :

- le ruissellement urbain et l'écoulement des eaux pluviales comme des sources de polluants touchant l'épaulard résident du sud (pesticides, métaux, hydrocarbures et déchets animaux);
- des lacunes dans les données, notamment « la gamme complète des contaminants environnementaux d'origine anthropique auxquels sont exposés les épaulards et leurs proies, au fil du temps et dans l'espace, en accordant une attention particulière à la détermination des sources et aux effets des contaminants environnementaux en résultant sur les épaulards résidents, leurs proies et leur habitat ».

[Le Plan d'action pour les épaulards \(*Orcinus orca*\) résidents du Nord et du Sud](#) prévoit comme mesure de rétablissement que les épaulards résidents et leurs proies seront protégés contre les

polluants issus des ruissellements urbains et agricoles^{16,17} et recommande de déterminer les principales sources de polluants.

Progrès à ce jour : Environnement et Changement climatique Canada dirige le Groupe de travail technique sur les contaminants pour l'épaulard résident du sud, dont les membres proviennent de tous les ordres de gouvernement, d'organisations non gouvernementales, du milieu universitaire et de l'État de Washington, afin d'appuyer l'[élaboration de mesures](#) pour contrer la menace posée par les contaminants pour la survie et le rétablissement de ces baleines. L'un des objectifs de ce groupe de travail est de déterminer les contaminants préoccupants pour l'épaulard résident du sud et le saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), sa principale proie. Le cadmium a été établi comme un contaminant préoccupant pour le saumon chinook et c'est ainsi qu'il est qualifié dans le programme de rétablissement. La prise en compte du cadmium et d'autres métaux traces repose sur les effets toxiques potentiels pour le saumon, même à des concentrations relativement faibles.

Un autre objectif du groupe de travail était de déterminer et d'évaluer les contributions de diverses sources de contaminants pour l'épaulard résident du sud, son habitat et sa principale proie. L'Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies (OIPABP) a été conçu à cette fin.

Comme indiqué à la section 2, l'OIPABP est une application Web qui comprend une base de données géospatiales des rejets estimés de contaminants provenant de sources ponctuelles, mobiles et étendues ainsi qu'une analyse des charges de contaminants dans le bassin du Fraser. Les données géospatiales peuvent être visualisées dans un outil de carte dont l'interface utilisateur graphique permet de consulter les couches de données et d'interagir avec elles pour :

- estimer les rejets de contaminants prioritaires pour les baleines en voie de disparition¹⁸ et leurs proies;
- déterminer et évaluer toutes les sources connues de contaminants dans l'habitat des baleines en voie de disparition et de leurs proies;
- réaliser des analyses géospatiales des polluants rejetés près de l'habitat des baleines et de leurs proies, y compris cerner les points chauds selon le type de polluants (par exemple biphényles polychlorés, polybromodiphényléthers, pesticides) ou le type de sources (par exemple usines de traitement des eaux usées, exploitations minières, déchets solides);
- évaluer les contributions des sources étendues comme les surfaces urbaines et les zones agricoles;
- comparer les concentrations de contaminants dans l'eau douce ambiante aux recommandations pour la qualité de l'environnement;
- déterminer les sources et les puits nécessitant une évaluation supplémentaire (par exemple sédiments);

¹⁶ Mesures de rétablissement n^{os} 75 et 76.

¹⁷ [L'étude sur la charge de substances toxiques dans le Puget Sound \(2007-2011\)](#) (disponible en anglais seulement) a révélé que le ruissellement de surface pollué était la voie la plus commune par laquelle les polluants atteignaient les eaux marines. Le Puget Sound fait partie de la mer des Salish, dans laquelle s'écoulent les eaux du bassin du Fraser.

¹⁸ Actuellement : les épaulards résidents du nord et du sud ainsi que le saumon chinook. Les contaminants affectant le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent et ses proies sont en cours d'évaluation.

- orienter les modèles de prédiction du devenir des contaminants dans l'environnement et estimer les charges maximales totales (quantité maximale d'un polluant qu'un plan d'eau peut recevoir tout en respectant les normes de qualité de l'eau);
- évaluer la façon dont les polluants affectant les baleines changent dans le temps et l'espace (à mesure que des données deviennent disponibles).

Constats et recommandations

La collaboration avec les partenaires au pays et à l'étranger est importante pour s'occuper des sources de rejets de cadmium qui dépassent les compétences fédérales et protéger les espèces en péril. On constate un certain succès quant à la réduction des rejets et à l'assainissement de sites contaminés en Ontario, bien que les mesures récentes prises en vertu de l'Accord Canada-Ontario ont été réorientées vers d'autres contaminants. Les risques posés par les concentrations de cadmium dans les Grands Lacs sont toujours présents, et il convient d'envisager d'autres mesures relatives au cadmium dans les prochaines moutures de l'accord. Au niveau international, des progrès ont été réalisés dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, et le Canada a réduit ses émissions de cadmium pour se conformer à ses engagements en vertu de la Convention. Les données environnementales indiquent que le Canada pourrait encore recevoir du cadmium de sources de rejets aux États-Unis (section 3). Il pourrait être pertinent de tenir compte de cette question dans les prochaines révisions de l'Accord Canada-États-Unis relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs et de l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air.

4.3 Conclusion sur la gestion des risques

Des mesures ont été prises pour gérer les risques du cadmium pour l'environnement depuis le début des années 1990. Bien qu'aucune n'ait directement visé le cadmium, elles ont donné lieu à des réductions des rejets de ce métal dans l'environnement. Vingt-quatre mesures de gestion des risques pertinentes ont été mises en place, dont 20 pour des secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994, et 4 pour d'autres secteurs jugés pertinents selon les critères indiqués à la section 4.1. Aucune mesure pertinente n'a été adoptée pour réduire les rejets de cadmium du secteur des transports, qui était jugé préoccupant dans l'évaluation de 1994. Le cadmium ne figure parmi les principales cibles d'aucune mesure de gestion des risques pour l'environnement, mais est atténué grâce aux mesures visant plus largement à gérer les rejets de métaux et de matières particulières de secteurs industriels.

Des cibles et objectifs clairs ont été établis pour 11 des 24 instruments seulement (annexe 3). Trois d'entre eux ont atteint leurs objectifs, un ne les a pas atteints, et sept sont en cours d'application, alors il est trop tôt pour dire s'ils ont porté fruit. Il n'y a aucune tendance entre les instruments s'étant avérés efficaces et les tendances des rejets industriels, en raison du petit nombre d'instruments qui ont été examinés et évalués comme ayant atteint leurs objectifs.

Un tiers des instruments pertinents étaient volontaires. En général, aucun objectif ni cible n'avaient été établis à leur égard, et l'on disposait de renseignements limités sur leur mise en œuvre, car aucun rapport n'était exigé. L'intégration de rapports sur la mise en œuvre des instruments volontaires dans les rapports exigés en vertu d'autres outils de gestion des risques, comme ce qui a été fait pour le secteur de la fusion des métaux communs, donnerait des renseignements utiles à la gestion des risques. Bon nombre des codes de pratiques volontaires contiennent des recommandations sur l'utilisation des meilleures technologies disponibles et de pratiques environnementales exemplaires pour réduire les rejets de cadmium et d'autres substances. De

l'information sur leur taux de mise en œuvre indiquerait aux gestionnaires de risques si d'autres travaux sont requis ou si toutes les installations se sont efforcées de réduire leurs rejets au plus bas niveau possible. De plus, un examen périodique des lignes directrices et des codes de pratiques écologiques devrait être réalisé pour maintenir ces documents à jour en ce qui concerne les progrès technologiques et les pratiques pouvant accroître la réduction des rejets.

Il est difficile d'évaluer le succès des mesures multisectorielles de gestion des risques. L'administration de ces instruments est complexe, et la communication des progrès est inégale. L'avantage de ces mesures est que de nombreuses substances peuvent être ciblées par de multiples secteurs de manière à établir un but commun.

La collaboration avec les partenaires au pays et à l'étranger est importante pour gérer les risques dans les domaines qui dépassent les compétences fédérales et les risques des substances toxiques pour les espèces migratrices.

5 Communication des risques

5.1 Communications gouvernementales sur le cadmium

La communication d'information aux Canadiens sur les risques des substances chimiques pour l'environnement et les mesures prises par le gouvernement pour gérer ces risques constitue une partie importante d'activités gouvernementales transparentes. Elle aide aussi la population à savoir ce qui peut accroître les risques et ce qu'elle peut faire pour réduire ceux-ci au minimum. Environnement et Changement climatique Canada se sert principalement de pages Web, de publications et de communiqués de presse pour communiquer ces renseignements.

La [page Web sur les composés inorganiques de cadmium de la Gestion des substances toxiques](#) est l'endroit où trouver la plupart des renseignements sur le cadmium. Elle présente ces substances et les sources de cadmium dans l'environnement, et donne des liens vers les documents d'évaluation des risques, les outils de gestion des risques et d'autres renseignements. Les données sur le nombre de consultations de cette page remontent à octobre 2019. Le nombre de nouvelles consultations a augmenté chaque année, et est passé de 216 en 2020 à 275 en 2022.

De l'information sur les activités passées et actuelles d'évaluation et de gestion des risques dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques est publiée sur la [page Web Substances chimiques](#), gérée conjointement par Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada. De plus, les travaux réalisés conformément au Plan de gestion des produits chimiques sont communiqués aux intervenants qui se sont inscrits pour recevoir des mises à jour par courriel. Ces envois se composent d'avis publics sur les publications, le début des périodes de consultation et d'autres renseignements pertinents. Par exemple, le gouvernement a publié une approche du Plan de gestion des produits chimiques pour un sous-ensemble de substances inorganiques et organométalliques à des fins de commentaires du public (Environnement et Changement climatique Canada, 2022c). Les intervenants ont soumis des commentaires demandant une évaluation supplémentaire du cadmium et des composés de cadmium.

Les données recueillies grâce aux programmes d'inventaire et de surveillance d'Environnement et Changement climatique Canada sont accessibles au public en ligne, sur le portail Données ouvertes du gouvernement du Canada. Ces données sont utilisées dans les rapports annuels sur les Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement portant sur les rejets de substances dangereuses dans l'eau et l'air, qui sont compris dans les engagements relatifs aux rapports pris

pour la Stratégie fédérale de développement durable. Toutes ces données sont aussi intégrées aux rapports annuels en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, conjointement aux données sur la mise en œuvre des instruments de gestion des risques. Par ailleurs, le rendement de chaque instrument est affiché sur ses pages Web et dans le registre de la LCPE. De plus, un rapport annuel sur les émissions est publié d'après l'IEPA, et des fiches d'information sur le cadmium ainsi que sur plusieurs substances et secteurs industriels sont en cours d'élaboration dans le cadre de l'INRP. Le site Web de l'INRP indique les sources de rejets de cadmium au Canada et permet aux utilisateurs de trouver les sources ponctuelles de rejets dans leur communauté. Un [tableau de bord interactif](#) de l'INRP, récemment créé, permet aux utilisateurs d'interagir avec les données sur les rejets.

L'Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies (OIPABP) est un autre outil interactif accessible au public récemment lancé. Comme indiqué à la section 4.2, la page Web de l'OIPABP est une interface graphique conviviale qui permet aux utilisateurs de filtrer les données par type de polluant, type de source et sous-bassin ainsi que de générer des inventaires régionaux de la pollution pour tout ensemble de coordonnées dans la région d'intérêt. Les utilisateurs peuvent voir l'habitat essentiel des épaulards résidents du nord et du sud ainsi que les aires de conservation importantes du saumon chinook en y superposant les rejets de polluants, notamment de métaux. Les stations de surveillance de la qualité de l'eau où les concentrations de cadmium dépassent les recommandations du CCME sont également visibles, ainsi que le nombre de ces dépassements.

Les publications sur le cadmium ont été relativement limitées dans les médias sociaux. Seules deux publications pertinentes d'Environnement et Changement climatique Canada ont été trouvées depuis 2010, contre 25 pour Santé Canada durant la même période. La première publication s'inscrivait dans le Défi de protection de la nature de 2021 qui tentait d'encourager le public à intégrer à leur quotidien des mesures de protection de l'environnement. Dans le cadre de cette campagne, 31 défis ont été proposés, et l'on encourageait les gens à faire part de leur progrès dans la réalisation de ceux-ci sur les médias sociaux. Le défi n° 29 était « Éliminez les produits chimiques toxiques, les appareils électroniques et les ampoules comme il se doit ». La page sur le défi indiquait que le cadmium et d'autres substances chimiques pouvaient se trouver dans les vieux appareils électroniques et précisait où l'on pouvait éliminer ces appareils de façon sécuritaire. La deuxième publication, datant de 2019, était liée à la publication de la carte interactive des Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement, qui montre l'état de la qualité de l'eau dans les cours d'eau canadiens. Les utilisateurs peuvent voir dans quels cours d'eau sont surveillées les concentrations de cadmium et d'autres contaminants. Aucune autre donnée n'est disponible sur la mobilisation dans les médias sociaux.

5.2 Évaluation des efforts de communication des risques au public

Lors de l'audit de 2018 réalisé par la commissaire à l'environnement et au développement durable, il a été constaté qu'Environnement et Changement climatique Canada avait mené des activités limitées de communication au public sur les risques environnementaux des substances toxiques. L'audit recommandait qu'Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada collaborent pour élaborer des activités de communication portant sur les questions liées à l'environnement et à la santé humaine.

5.3 Constats et recommandations

L'information à propos des risques du cadmium pour l'environnement qui est disponible sur les pages Web d'Environnement et Changement climatique Canada s'étend sur de nombreuses pages

et différents documents de communication. Il peut donc être difficile pour les membres du public de trouver des renseignements sur les risques environnementaux du cadmium qui leur sont utiles. Les pages interactives récemment conçues sont de plus en plus facilement accessibles et utiles par leur fourniture de renseignements visuels intéressants qui peuvent être filtrés selon les intérêts de l'utilisateur. Les ensembles de données environnementales ont été publiés, mais sans analyse scientifique, les données ne sont pas facilement compréhensibles pour le grand public et ne donnent pas de renseignements utiles sur les concentrations de substances toxiques dans l'environnement canadien.

Les publications sur le cadmium et ses risques pour l'environnement diffusées par Environnement et Changement climatique Canada dans les médias sociaux sont très peu nombreuses. Au cours de la même période, Santé Canada a publié plusieurs messages dans les médias sociaux sur les mesures de gestion de risques prises pour réduire les risques du cadmium présent dans les produits de consommation. Malgré cela, le public a manifesté un intérêt pour le cadmium en tant que substance toxique, comme en témoignent les consultations de la page Web sur la gestion des risques des substances toxiques et les commentaires sur les travaux d'évaluation des risques.

Il est recommandé :

- que la page Web de gestion des risques des substances toxiques portant sur le cadmium soit le principal endroit où trouver des renseignements environnementaux sur la substance et comprenne des liens vers les ressources et outils pertinents. Pendant l'évaluation, on a constaté que la page était désuète, et on l'a mise à jour. Environnement et Changement climatique Canada devrait continuer de la tenir à jour et d'assurer l'actualité de son contenu et l'utilisation d'un langage clair pour que les Canadiens puissent bien comprendre. Le fait de placer l'information dans un même endroit central aiderait à réduire la confusion des utilisateurs et faciliterait l'accès aux renseignements importants sur les risques du cadmium;
- que l'information sur les concentrations de cadmium mesurées dans l'environnement et une interprétation des résultats soient plus facilement accessibles au public;
- que le gouvernement surveille la fréquence et la réussite des publications sur les médias sociaux ainsi que le niveau d'interaction suscité, et travaille à améliorer la diffusion des messages, s'il y a lieu, afin de mieux informer les Canadiens des risques pour l'environnement. Il conviendrait de continuer à surveiller les consultations des pages Web pour obtenir des données aux fins des prochaines évaluations;
- que soient créés et rendus facilement accessibles un plus grand nombre de produits de communication ciblés (infographies, fiches d'information, vidéos) en langage clair pour communiquer et expliquer les risques du cadmium pour l'environnement.

5.4 Conclusion sur la communication des risques

Il y a eu peu de publications sur le cadmium présent dans l'environnement et les risques connexes pour l'environnement. La communication devrait s'améliorer, car Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada travaillent ensemble pour établir une approche de communication coordonnée, comme recommandé par l'audit de 2019. Les travaux en cours visant à améliorer l'accès du public aux données comprennent des tableaux de bord conviviaux qui aideront les Canadiens à comprendre les risques et les sources des substances toxiques ainsi que les mesures qu'ils peuvent prendre pour contribuer à prévenir la pollution.

6 Évaluation de l'efficacité de la gestion des risques du cadmium

6.1 Efficacité de l'approche de gestion des risques

Pour évaluer l'efficacité de l'approche de gestion des risques, la première étape consiste à déterminer si le gouvernement a pris des mesures visant les risques des composés inorganiques de cadmium et si les mesures ciblent les secteurs préoccupants et les voies de rejets indiqués dans le rapport d'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire. La deuxième étape nécessite d'examiner chaque mesure individuellement pour déterminer si elle a atteint ses cibles et objectifs. Enfin, on cherchera à établir si la mise en œuvre des mesures de gestion des risques a entraîné des réductions des rejets au fil du temps.

En ce qui concerne les mesures prises à l'égard de secteurs préoccupants (production de métaux, emploi de combustibles dans des installations fixes, transport, élimination de déchets solides, épandage de boues d'épuration), sept des instruments ciblent le secteur de la production de métaux. La gestion des risques du cadmium dans l'industrie de la fusion des métaux communs s'est avérée efficace, ayant entraîné une diminution de 98 % des rejets sectoriels de cadmium depuis 1994. Il faut cependant noter qu'une partie de cette diminution est due à la fermeture d'installation au cours de la période. Les mesures de gestion des risques du secteur s'axaient sur les émissions, soit la principale voie de rejet du cadmium, et ont évolué; il s'agissait d'abord de lignes directrices volontaires, puis d'exigences relatives à la planification de la prévention de la pollution, et enfin d'ententes sur la performance. Bien que le secteur demeure la plus grande source de rejets de cadmium, il a fait preuve d'une amélioration continue. Les rejets de cadmium de l'industrie du fer et de l'acier, qui fait partie du secteur de la production des métaux, ont diminué avec le temps, mais il semble que cela ne soit pas lié à la mise en œuvre des mesures de gestion. En l'absence de données déclarées relatives aux instruments, il est difficile de conclure que ces derniers ont eu un effet sur les rejets de cadmium.

Deux instruments visaient les installations de production d'électricité à partir de charbon, qui appartiennent au secteur de l'emploi de combustibles dans des installations fixes. Il s'agissait d'une ligne directrice volontaire qui semble n'avoir eu aucun avantage conjoint en matière de réduction des rejets de cadmium, et d'un règlement axé sur la limitation des émissions de dioxyde de carbone. Bien qu'aucune mesure du rendement de ces instruments n'ait été réalisée, le règlement semble avoir contribué à la réduction des rejets de cadmium, puisque les données des inventaires indiquent une diminution des émissions après son adoption.

Aucun instrument pertinent n'a été mis en place en ce qui concerne le chauffage. Le chauffage commercial, résidentiel et institutionnel représente encore une source importante de rejets de cadmium dans l'environnement. Si le gouvernement a fait des efforts pour améliorer l'efficacité du chauffage et réduire les émissions de gaz à effet de serre des résidences et des entreprises, il ne semble pas y avoir eu d'effet sur les rejets de cadmium.

Aucun instrument pertinent n'a été mis en place pour s'attaquer aux rejets de cadmium du secteur des transports. On ne sait pas bien à quel point ce secteur contribue aux concentrations de cadmium dans l'environnement. Selon les données de surveillance de la qualité de l'air, sa contribution pourrait être plus grande que ce que l'on croyait précédemment. Les estimations de l'IEPA relatives à ce secteur sont très faibles et diminuent depuis 2005 dans le cas du transport ferroviaire et maritime, et sont nulles pour d'autres sources du secteur comme les véhicules et les

avions. Le cadmium est inférieur aux seuils de détection dans la majorité des carburants, sauf dans le pétrole résiduel qui sert au transport ferroviaire et maritime. Il n'est habituellement pas détecté dans les mesures des gaz d'échappement des véhicules et des aéronefs, ce qui laisse à penser que le cadmium détecté lors des activités de surveillance à proximité de routes ne provient pas des carburants, mais plutôt d'autres sources comme les revêtements des véhicules ou l'usure des pneus.

L'élimination des déchets solides est surtout gérée par les provinces et les territoires, mais le gouvernement fédéral a instauré quatre mesures pour contrôler les mouvements interprovinciaux et internationaux de déchets dangereux. L'effet de ces mesures sur le contrôle des rejets de cadmium n'est pas clair. Des études sur les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux indiquent que ces mesures n'ont pas beaucoup d'influence sur les rejets dans l'environnement (section 2.2).

L'épandage de boues d'épuration est géré par des mesures fédérales et des mesures provinciales et territoriales. On compte deux mesures fédérales pertinentes, soit des lignes directrices pour la valorisation et la gestion des biosolides et un règlement relatif à la vente et au commerce de composts et d'engrais, y compris ceux contenant des biosolides. Les données de surveillance indiquent que la plupart des boues d'épuration épandues ont des concentrations inférieures aux seuils d'effets nocifs sur l'environnement. Les mesures de gestion des risques pour ce secteur ne visent pas les influents des usines de traitement des eaux usées, qui sont la source du cadmium présent dans les boues d'épuration.

L'approche consistant à employer des mesures de gestion des risques conçues pour le contrôle des métaux en général plutôt qu'à élaborer de nouvelles mesures de gestion des risques propres au cadmium a permis de contrer les risques du cadmium provenant de bon nombre des secteurs préoccupants, en particulier ceux où l'air est la voie de rejet principale. Le contrôle des rejets globaux de métaux dans les matières particulières est efficace pour contrôler les rejets de cadmium, tandis que le contrôle des rejets d'autres substances comme les HAP et les COV ne semble pas avoir d'avantage conjoint relatif aux rejets de cadmium. Les instruments de gestion des risques conçus pour les secteurs préoccupants visaient les voies de rejets appropriées pour chaque secteur. Dans l'ensemble, l'approche de gestion des risques a bien entraîné la réduction des rejets de cadmium dans l'environnement. Cependant, elle a donné lieu à des lacunes dans certains secteurs, pour lesquels aucun instrument pertinent n'a été élaboré malgré leur inclusion parmi les secteurs posant potentiellement un risque pour l'environnement.

6.1.1 Progrès vers l'atteinte de l'objectif de gestion des risques

L'objectif de gestion des risques consiste à réduire les rejets anthropiques des composés inorganiques de cadmium au plus bas niveau possible sur les plans technique et économique, en tenant compte des facteurs socioéconomiques. Les rejets de cadmium dans l'environnement ont réduit avec le temps. La plupart des rejets et des réductions correspondantes peuvent être attribués au secteur de la fusion des métaux communs. Les réductions sont clairement associées à la mise en œuvre des mesures de gestion des risques visant ce secteur. Pour les autres secteurs, le lien entre la réduction des rejets et l'application des instruments de gestion des risques est moins clair, à cause du manque de données issues de rapports. Les rejets pourraient avoir diminué en raison de la mise en œuvre de mesures de gestion des risques des gouvernements provinciaux ou territoriaux, de la fermeture d'installations liée aux conditions économiques, ou de modifications de procédés industriels et de charges d'alimentation. Les données disponibles sur ces facteurs n'ont pas été incluses dans l'évaluation, parce qu'elles étaient insuffisantes. Le manque de données sur

l'utilisation de pratiques environnementales exemplaires et des meilleures technologies disponibles a également limité la détermination de l'atteinte de l'objectif de gestion des risques dans la présente évaluation.

Pour conclure, les rejets de cadmium ont été réduits, mais il n'y a pas assez d'information pour déterminer s'ils sont à leur niveau le plus bas possible sur les plans technique et économique. Les gestionnaires des risques devraient envisager d'examiner périodiquement les codes de pratiques et les lignes directrices volontaires pour veiller à ce qu'ils intègrent les technologies et pratiques les plus récentes, ainsi que chercher des façons de recueillir des renseignements sur la mise en œuvre de ces mesures volontaires. Cette recommandation s'applique particulièrement aux industries où les niveaux de cadmium n'ont pas changé de manière significative ou ont augmenté au fil du temps ou dans les 10 à 15 dernières années. De plus, les discussions avec l'industrie pourraient permettre d'encourager l'innovation et de cerner les nouvelles activités de recherche et de développement desquelles pourraient découler de nouvelles possibilités et technologies de prévention de la pollution. La communication au public des efforts d'intégration des pratiques environnementales exemplaires et des meilleures technologies disponibles est importante pour la tenue de dossiers et la transparence.

6.1.2 Progrès vers l'atteinte de l'objectif environnemental

L'objectif environnemental consiste à réduire les rejets anthropiques canadiens de composés inorganiques de cadmium de manière à ne pas dépasser les concentrations censées causer des effets nocifs pour l'environnement, en tenant compte des concentrations de fond. Les réductions des rejets anthropiques ont entraîné des déclin des concentrations environnementales dans la plupart des lieux et des milieux environnementaux. Les données environnementales se limitent en majeure partie à la période après 2010, en raison de la modification des méthodes analytiques. Les tendances des rejets atmosphériques et de la qualité de l'air ambiant selon la surveillance sont semblables, ce qui laisse croire que la réduction des rejets industriels donne lieu à une réduction dans l'environnement.

Les concentrations de cadmium dans l'air et l'eau sont généralement inférieures à celles censées causer des effets nocifs, mais les apports anthropiques sont encore manifestes. Les concentrations dans les sédiments sont supérieures à celles censées causer des effets nocifs pour la vie aquatique à de nombreux endroits. Il est estimé que les apports atmosphériques contribuent de façon importante aux concentrations dans les sédiments à certains endroits. Pour cette raison, il y aurait peut-être lieu de réexaminer la protection offerte par les recommandations pour la qualité de l'air ambiant relatives au cadmium.

Les concentrations de cadmium dans les poissons sont les plus élevées dans les petites espèces-proies, bien que l'on ne sache pas à quelle concentration dans le corps ce métal cause des effets nocifs pour les poissons. Le cadmium a été déterminé comme menaçant pour le rétablissement de l'épaulard résident du sud en raison de ses effets potentiels sur la ressource alimentaire de cette baleine, soit le saumon chinook. Dans les espèces sauvages, les concentrations de cadmium sont inférieures à celles qui sont estimées comme causant des effets sublétaux, bien que des effets subchroniques comme l'immunodépression pourraient quand même se produire et être impossibles à estimer à l'aide des données actuellement disponibles.

L'objectif environnemental n'a pas encore été atteint, bien que des progrès aient été réalisés. Il sera important de continuer à surveiller l'environnement pour appuyer les évaluations du rendement fondées sur les données probantes. Même si un grand nombre d'études scientifiques de mesure du cadmium ont été effectuées, il existe encore des lacunes spatiales au Canada. On manque

également de données environnementales prises à proximité des sources de rejets de cadmium. Il conviendrait de prendre en compte les recommandations relatives aux futurs travaux de recherche et de surveillance présentées à la section 3 lors de l'établissement de programmes scientifiques, en particulier celles liées à l'élaboration ou au réexamen des recommandations pour la qualité de l'environnement et des seuils d'effets nocifs.

6.1.3 Réponse aux sources d'exposition nouvelles ou émergentes

Les secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994 sont à l'origine de la majorité des rejets déclarés au sol et dans l'air et l'eau. Toutefois, comme ces secteurs ont réduit leurs rejets, d'autres secteurs qui n'ont pas été caractérisés comme préoccupants dans l'évaluation de 1994 commencent à former une plus grande partie du profil des rejets de cadmium. En 1994, les sources préoccupantes représentaient près de 100 % des rejets totaux déclarés à l'INRP. En 2020, elles ne représentaient plus que 50 %. Les rejets du secteur des pâtes et papiers et des installations de traitement des eaux usées correspondent à présent à 40 % du total des rejets déclarés. Les rejets de cadmium dans l'eau provenant de ces dernières installations pourraient être surestimés dans l'INRP à cause des méthodes utilisées pour estimer les rejets lorsque les concentrations sont inférieures aux seuils de détection, même si l'INRP ne contient que les données de déclaration des grandes installations de ce type. Étant donné que les concentrations de cadmium dans les effluents du traitement des eaux usées dépendent des influents reçus et que l'INRP n'indique pas une grande quantité de transferts vers des installations de traitement des eaux usées, il semble qu'une quantité substantielle de rejets dans l'environnement issus de ces installations pourrait provenir des installations ne répondant pas aux exigences de l'INRP, de l'utilisation et de l'élimination de produits contenant du cadmium, ou d'autres sources. Ces sources de cadmium n'ont pas été examinées lors de précédents travaux d'évaluation des risques. Les rejets des fabriques de pâtes et papiers n'ont pas non plus été examinés.

Un examen des rapports de production de minéraux et des données commerciales montre que la plus grande partie du minerai de cadmium produit au Canada est exporté. Cette production a diminué depuis 1994, mais est restée relativement stable depuis 2012. Le Canada n'importe pas beaucoup de cadmium brut, mais importe une quantité considérable de batteries au cadmium. Les batteries sont le principal produit contenant du cadmium qui fait l'objet d'un commerce international, les importations représentant plus de 20 millions de dollars par année. Cependant, le nombre de batteries importées diminue avec le temps, probablement en raison d'un recours accru aux batteries au nickel-métal-hydrure et aux batteries au lithium-ion, qui fournissent plus d'énergie et ont une plus longue durée de vie. Un taux de recyclage de 32 % a été indiqué pour toutes les batteries en Colombie-Britannique en 2020 (Call2Recycle Canada Inc., 2021), ce qui est bien au-delà du taux de recyclage de 7,7 % pour les batteries au nickel-cadmium en 2005 (RIS International Ltd., 2005). Aucune mesure fédérale de gestion des risques n'a été mise en place pour gérer la fin de vie des batteries contenant du cadmium. Comme indiqué, les risques environnementaux du cadmium dans le lixiviat des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux semblent faibles, mais il peut falloir plusieurs années pour que le cadmium s'échappe des déchets solides. La quantité de cadmium pénétrant dans l'environnement en raison d'activités humaines cause encore des effets nocifs. La surveillance du lixiviat des sites d'enfouissement a été stoppée dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques, et aucune donnée récente sur le cadmium dans le lixiviat n'est disponible.

Les données sur la production et le commerce n'indiquent pas ce que pourrait être l'utilisation finale du cadmium, mais il pourrait y avoir une hausse de la demande de ce métal à des fins de conception de cellules photovoltaïques au tellure de cadmium entrant dans des panneaux solaires. Il est

prévu que le marché canadien du solaire augmentera de 20 à 25 % dans les quelques prochaines années, et la plupart des cellules solaires vendues au Canada y sont également produites (*Order on photovoltaic modules and laminates originating in or exported from the People's Republic of China*, 2021). Si la production canadienne de cellules photovoltaïques augmente, il pourrait falloir prendre des mesures de gestion des risques pour protéger l'environnement et la santé humaine. Ces mesures pourraient comprendre des procédures de recyclage et de manipulation écologiquement rationnelle des produits en fin de vie (Curtin et al., 2020).

Les travaux d'évaluation des risques associés au cadmium réalisés depuis l'évaluation de 1994 ont suivi l'approche de l'Établissement des priorités d'évaluation des risques (EPER). Conformément à cette approche, Environnement et Changement climatique Canada rassemble et évalue les nouveaux renseignements sur les substances, puis détermine s'il faut prendre des mesures supplémentaires à l'égard de celles-ci. En 2018, le cadmium a été établi comme l'une des substances pour lesquelles il fallait procéder à des travaux supplémentaires d'établissement de la portée afin de déterminer s'il existait d'autres sources d'exposition à évaluer ou à gérer (Environnement et Changement climatique Canada, 2019b). Ces travaux sont en cours et tiendront compte des résultats de la présente évaluation.

7 Prochaines étapes

Des progrès ont été réalisés vers l'atteinte des objectifs environnemental et de gestion des risques, mais des mesures supplémentaires pourraient être nécessaires, puisque les données montrent que les concentrations de cadmium dans l'environnement sont encore supérieures à celles qui sont présumées comme causant des effets nocifs à certains endroits. Aucune approche coordonnée n'a été adoptée pour la gestion des risques du cadmium, mais en général, les mesures mises en place pour contrôler les rejets de métaux des secteurs préoccupants nommés dans l'évaluation de 1994 ont été efficaces pour réduire les rejets dans l'environnement et ont entraîné des diminutions des concentrations environnementales. Le gouvernement fédéral devrait continuer de mettre en œuvre les mesures existantes de gestion des risques et améliorer la collecte de données sur le taux de respect des mesures, codes de pratiques, lignes directrices et avis de planification de la prévention de la pollution à application volontaire. Les lignes directrices devraient être examinées périodiquement pour veiller à ce qu'elles recommandent les meilleures pratiques et technologies disponibles pour la prévention de la pollution.

Aucune mesure de gestion des risques n'a été mise en place pour deux sources préoccupantes selon l'évaluation de 1994. La première est l'emploi de combustibles dans des installations fixes pour le chauffage des maisons et des bâtiments. Ses rejets n'ont pas diminué et forment à présent une grande partie des rejets de cadmium dans l'environnement. La deuxième regroupe les sources des transports. On dispose de peu de données sur les rejets de cadmium qui y sont associés. Des études supplémentaires de ces sources sont conseillées, et des mesures de gestion des risques visant les rejets de cadmium devraient être envisagées au besoin.

Il faudrait examiner plus en profondeur les sources de rejets non abordées dans l'évaluation de 1994. Des mesures de gestion des risques devraient être envisagées au besoin, selon le résultat de cet examen. Par exemple, d'après les inventaires des rejets, les rejets des effluents des fabriques de pâtes et papiers et des installations de traitement des eaux usées contribuent beaucoup aux rejets totaux de cadmium. On en sait peu sur les sources de cadmium dans les influents d'eaux usées. Il pourrait y avoir lieu d'étudier davantage ces sources, par exemple en recueillant de l'information sur le cadmium utilisé dans les produits et les procédés industriels ainsi que sur les

procédés qui rejettent ce métal en tant que sous-produit. Cette information pourrait ensuite être utilisée pour explorer les remplacements possibles du cadmium entrant dans les produits et les procédés industriels en vue de réduire les apports de cette substance dans les réseaux d'égout. L'apport en cadmium découlant du dépôt atmosphérique et du ruissellement des eaux de surface dans les égouts unitaires pourrait également faire partie des sources de cadmium dans les eaux usées à étudier.

Le cadmium se retrouve dans les effluents des fabriques de pâtes et papiers, parce qu'il est présent dans le bois ou le matériau source utilisé par les fabriques. Ses concentrations dans les effluents et les zones exposées ne sont pas surveillées dans le cadre réglementaire actuel, cependant quelques installations déclarent le cadmium mesuré dans les effluents à l'INRP. Presque toutes les installations ayant procédé à des essais ont indiqué que le cadmium se trouvait dans les effluents. Les modifications proposées du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* comprennent la caractérisation des effluents et la surveillance des effets sur l'environnement dans les zones exposées aux effluents des fabriques.

La caractérisation des effluents et la surveillance des effets sur l'environnement réalisées par les exploitations minières conformément au *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants* ont montré que le cadmium est présent dans presque tous les effluents miniers et que sa concentration est supérieure aux concentrations censées causer des effets dans les zones exposées du tiers des mines. Le gouvernement devrait examiner les données sur les effluents et les données de surveillance de l'environnement disponibles pour déterminer les mesures supplémentaires de gestion des risques, au besoin.

La surveillance des concentrations de cadmium dans l'environnement doit se poursuivre afin de fournir des données probantes pour de futures évaluations. Il conviendrait de combler le plus possible les lacunes dans la surveillance, en tirant parti des occasions potentielles de collaboration avec les provinces et les territoires et des nouvelles technologies qui pourraient être utiles dans le cas des zones éloignées. Il serait aussi avantageux de choisir des sites de surveillance diversifiés pour permettre de comparer les zones près des sources ponctuelles avec les concentrations de fond ainsi que de comprendre les effets des changements climatiques sur les concentrations de cadmium dans l'environnement (par exemple augmentation du cadmium atmosphérique due aux feux de forêt). De plus, il pourrait être important de surveiller d'autres milieux comme le sol et le ruissellement des eaux de surface pour mieux comprendre les sources et les puits de cadmium dans l'environnement. Il conviendrait de rétablir l'échantillonnage périodique du lixiviat des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux.

La surveillance doit par ailleurs se poursuivre pour permettre de comprendre les effets des rejets de cadmium provenant de sources aux États-Unis sur les concentrations dans l'environnement canadien. Les données indiquent que le cadmium atmosphérique dans la région des Grands Lacs provient des États-Unis, et la surveillance aquatique laisse à penser que les apports issus des alentours des Grands Lacs et des voies interlacustres sont des contributeurs importants aux concentrations de cadmium dans l'eau et les sédiments. Ces données devraient être utilisées pour faire progresser et renforcer les accords bilatéraux avec les États-Unis.

Il est recommandé d'étudier les concentrations entraînant des effets nocifs ainsi que les effets subchroniques du cadmium dans les tissus des poissons et des espèces sauvages pour faciliter l'évaluation de l'atteinte de l'objectif environnemental. Il pourrait aussi y avoir lieu d'étudier plus en profondeur la prise en compte des effets cumulatifs et d'autres substances dans l'environnement.

Il faudrait améliorer la communication portant sur le cadmium dans l'environnement. Les pages Web devraient être tenues à jour et la mobilisation du public devrait être renforcée. Les mesures permettant de se tenir au fait de l'utilisation du matériel de communication et des interactions sur les médias sociaux importent à l'évaluation de la réussite des efforts de communication.

Pour conclure, les indicateurs environnementaux utilisés dans le présent rapport montrent que même si les rejets de cadmium et les concentrations environnementales ont considérablement diminué dans certaines zones, le cadmium pénètre encore dans l'environnement et se trouve dans certains endroits à des concentrations supérieures à celles censées causer des effets nocifs à cause d'activités humaines. Il faut continuer de recueillir des données environnementales et entreprendre des études supplémentaires pour déterminer s'il est possible de réduire encore les rejets et si de nouvelles mesures de gestion des risques sont requises pour certains secteurs industriels et certaines sources industrielles et non industrielles. Il importe de poursuivre la collaboration avec les partenaires au pays et à l'étranger pour gérer les rejets dans les domaines qui dépassent les compétences fédérales. Une évaluation de suivi sur le rendement des mesures de gestion des risques est recommandée d'ici 2033 pour permettre la mise en œuvre de nouvelles mesures, au besoin, et la collecte de données de mesure du rendement et de données environnementales.

8 Références

- Agence canadienne d'inspection des aliments. (2021). T-4-93 – Normes de sécurité pour les engrais et les suppléments.
- Agence européenne pour l'environnement. (2021). Air quality standards. (disponible en anglais seulement)
- Aliff, M. N., Reavie, E. D., Post, S. P., & Zanko, L. M. (2020). Anthropocene geochemistry of metals in sediment cores from the Laurentian Great Lakes. (disponible en anglais seulement)
- AMAP. (2005). AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. (disponible en anglais seulement)
- Amuno, S., Al Kaissi, A., Jamwal, A., Niyogi, S., & Quenneville, C. E. (2018). Chronic arsenicosis and cadmium exposure in wild snowshoe hares (*Lepus americanus*) breeding near Yellowknife, Northwest Territories (Canada), part 2: Manifestation of bone abnormalities and osteoporosis. *Science of the Total Environment*, 612, 1559–1567. (disponible en anglais seulement)
- Amuno, S., Jamwal, A., Grahn, B., & Niyogi, S. (2018). Chronic arsenicosis and cadmium exposure in wild snowshoe hares (*Lepus americanus*) breeding near Yellowknife, Northwest Territories (Canada), part 1: Evaluation of oxidative stress, antioxidant activities and hepatic damage. *Science of the Total Environment*, 618, 916–926. (disponible en anglais seulement)
- Amuno, S., Niyogi, S., Amuno, M., & Attitaq, J. (2016). Heavy metal bioaccumulation and histopathological alterations in wild Arctic hares (*Lepus arcticus*) inhabiting a former lead-zinc mine in the Canadian high Arctic: A preliminary study. *Science of the Total Environment*, 556, 252–263. (disponible en anglais seulement)
- Amuno, S., Shekh, K., Kodzhahinchev, V., & Niyogi, S. (2020). Neuropathological changes in wild muskrats (*Ondatra zibethicus*) and red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus*) breeding in arsenic endemic areas of Yellowknife, Northwest Territories (Canada): Arsenic and cadmium accumulation in the brain and biomarkers of oxidative stress. *Science of the Total Environment*, 704. (disponible en anglais seulement)
- Archbold, J. A., Hull, R. N., & Diamond, M. (2007). Potential importance of inhalation exposures for wildlife using screening-level ecological risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment*, 13(4), 870–883. (disponible en anglais seulement)
- Belzile, N., Chen, Y. W., Gunn, J. M., & Dixit, S. S. (2004). Sediment trace metal profiles in lakes of Killarney Park. Canada: From regional to continental influence. *Environmental Pollution*, 130, 239–248. (disponible en anglais seulement)
- Benoit. (Non publié). Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Ontario.
- Braune, B. M., & Malone, B. J. (2006). Organochlorines and trace elements in upland game birds harvested in Canada. *Science of the Total Environment*, 363(1–3), 60–69. (disponible en anglais seulement)

- Brown, T. M., Fisk, A. T., Wang, X., Ferguson, S. H., Young, B. G., Reimer, K. J., & Muir, D. C. G. (2016). Mercury and cadmium in ringed seals in the Canadian Arctic: Influence of location and diet. *Science of the Total Environment*, 545–546, 503–511. (disponible en anglais seulement)
- Bureau de normalisation & du Québec. (2016). Norme nationale du Canada CAN/BNQ 0413-200/2016 Amendements organiques du sol - Composts.
- Bureau du vérificateur général du Canada. (2019, 2 avril). Rapport 2 - Protéger les poissons contre les effluents miniers.
- Burger, J. (2008). Assessment and management of risk to wildlife from cadmium. *Science of the Total Environment*, 389(1), 37–45. (disponible en anglais seulement)
- Burniston, D. (Non publié).
- Burniston, D., & Kraft, J. (2008). Sediment Quality in Lake Superior Tributaries: A Screening-Level Survey. Ecosystem Health Division, Ontario Region, Environmental Conservation Branch. Report, ECB/EHD-OR/08-01/I, 59. (disponible en anglais seulement)
- Burniston, D., Kraft, J., Backus, S., & Dove, A. (2006). Sediment Quality in Canadian Lake Huron Tributaries: A Screening-Level Survey. Ecosystem Health Division, Ontario Region, Environmental Conservation Branch. Report, ECB/EHD-OR/06-01/I, 28. (disponible en anglais seulement)
- Call2Recycle Canada Inc. (2021). 2020 Provincial Annual Report: British Columbia. (disponible en anglais seulement)
- Caurant, F. (2013). Trace element trends and effects for small cetaceans in European waters. European Cetacean Society's 25th Annual Conference. (disponible en anglais seulement)
- Celo, V., & Dabek-Zlotorzynska, E. (2011). Concentration and Source Origin of Trace Metals in PM_{2.5} Collected at Selected Canadian Sites within the Canadian National Air Pollution Surveillance Program. In *Environ Sci Eng* (pp. 19–38). (disponible en anglais seulement)
- Celo, V., Yassine, M. M., & Dabek-Zlotorzynska, E. (2021). Insights into Elemental Composition and Sources of Fine and Coarse Particulate Matter in Dense Traffic Areas in Toronto and Vancouver, Canada. *Toxics*, 9(10), Article 10. (disponible en anglais seulement)
- Coale, K. H., & Flegal, A. R. (1989). Copper, Zinc, Cadmium and Lead in Surface Waters of lakes Erie and Ontario. *The Science of the Total Environment*, 87(88), 297–304. (disponible en anglais seulement)
- Conseil canadien des ministres de l'environnement. (1999). Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique – Cadmium.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement. (2005). Recommandations canadiennes pour la qualité du compost : En108-4/25-2005F-PDF - Publications du gouvernement du Canada.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement. (2014). Recommandations canadiennes sur la qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique : Cadmium.

- Cooke, J. A. (2011). Cadmium in Small Mammals. In W. N. Beyer & J. P. Meador (Eds.), *Environmental Contaminants in Biota. Interpreting Tissue Concentrations. Second Edition* (pp. 627–642). CRC Press. (disponible en anglais seulement)
- Croteau, M. N., Luoma, S. N., & Stewart, A. R. (2005). Trophic transfer of metals along freshwater food webs: Evidence of cadmium biomagnification in nature. *Limnology and Oceanography*, 50(5), 1511–1519. (disponible en anglais seulement)
- Curtin, A. M., Vail, C. A., & Buckley, H. L. (2020). CdTe in thin film photovoltaic cells: Interventions to protect drinking water in production and end-of-life. *Water-Energy Nexus*, 3, 15–28. (disponible en anglais seulement)
- Dabek-Zlotorzynska, E., Celo, V., Ding, L., Herod, D., Jeong, C.-H., Evans, G., & Hilker, N. (2019). Characteristics and sources of PM_{2.5} and reactive gases near roadways in two metropolitan areas in Canada. *Atmospheric Environment*, 218, 116980. (disponible en anglais seulement)
- De Solla, S. (Non publié). Cadmium dans les œufs de tortues serpents au Canada.
- Desforges, J. P. W., Sonne, C., Levin, M., Siebert, U., Guise, S., & Dietz, R. (2016). Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals. *Environment International*, 86, 126–139. (disponible en anglais seulement)
- Dietz, R., Nørgaard, J., & Hansen, J. C. (1998). Have arctic marine mammals adapted to high cadmium levels? *Marine Pollution Bulletin*, 36(6), 490–492. (disponible en anglais seulement)
- Dietz, R., Riget, F., & Johansen, P. (1996). Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals. *Science of the Total Environment*, 186(1–2), 67–93. (disponible en anglais seulement)
- Dove, A., Painter, S., & Kraft, J. (2003). Sediment Quality in Canadian Lake Ontario Tributaries: Part one (West of the Bay of Quinte). Ecosystem Health Division, Ontario Region, Environmental Conservation Branch Report, ECB/EHD-OR/03-01/I, 30. (disponible en anglais seulement)
- Dove, A., Painter, S., & Kraft, J. (2004). Sediment Quality in Canadian Lake Ontario Tributaries: Part Two (Bay of Quinte and St. Lawrence River). Ecosystem Health Division, Ontario Region, Environmental Conservation Branch Report, ECB/EHD-OR/04-01/I, 27. (disponible en anglais seulement)
- Environnement et Changement climatique Canada. (2019a). Guide de déclaration à l'Inventaire national des rejets de polluants à l'intention du secteur des eaux usées. : EN14-406/2020-fra-PDF - Publications du gouvernement du Canada.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2019b). Établissement des priorités d'évaluation des risques (EPER) : résultat de l'examen de 2017-2018.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2019c). Modernisation du Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers proposition détaillée aux fins de consultation mai 2019.

- Environnement et Changement climatique Canada. (2020a). Indicateurs environnementaux: Qualité de l'eau des cours d'eau canadiens.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2020b). Mesure du rendement stratégique : évaluation de l'efficacité des mesures de gestion des risques pour la protection des canadiens et de leur environnement .
- Environnement et Changement climatique Canada. (2021a). Indicateurs environnementaux: Qualité des effluents des mines de métaux et des mines de diamants.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2021b). Rapport annuel sur le Règlement sur les effluents des pâtes et papiers : résumé.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022a). Déclaration aux fins de l'Inventaire national des rejets de polluants.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022b). Rapport sur les exigences de base en matière d'émissions industrielles (EBEI) non satisfaites.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022c). Résumé des commentaires du public reçus sur l'approche du Plan de gestion des produits chimiques pour un sous-ensemble de substances inorganiques et organométalliques.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022d). Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada 2022.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022e). Qualité des effluents des usines de pâtes et papiers.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022f). Fonderies et raffineries de métaux communs et les usines de traitement du zinc : rapport final sur le rendement.
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022g). Programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique.
- Environnement Canada. (2004). Foundation report on the cement manufacturing sector (p. 304). (disponible en anglais seulement)
- Environnement Canada. (2013). Faits saillants des constats initiaux du rapport sur l'Évaluation de la couverture sectorielle de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) - évaluation de la couverture sectorielle pour l'année de déclaration 2008.
- Environnement Canada, & Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec. (2007). Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration.
- Espejo, W., Padilha, J. D. A., Kidd, K. A., Dorneles, P. R., Barra, R., Malm, O., & Celis, J. E. (2018). Trophic transfer of cadmium in marine food webs from Western Chilean Patagonia and Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 246–251.

- European Chemicals Bureau. (2007). European Union risk assessment report: Cadmium oxide and cadmium metal. Publications Office of the European Union. (disponible en anglais seulement)
- Five Winds International. (2001). Toxic and Hazardous Materials in Electronics: An Environmental Scan of Toxic and Hazardous Materials in IT and Telecom Products and Waste : Final Report. (disponible en anglais seulement)
- Förstner, U. (1976). Lake Sediments as Indicators of Heavy-Metal Pollution. *Naturwissenschaften*, 63, 465–470. (disponible en anglais seulement)
- Gaga, E. O., Harner, T., Dabek-Zlotorzynska, E., Celo, V., Evans, G., Jeong, C.-H., Halappanavar, S., Jariyasopit, N., & Su, Y. (2019). Polyurethane Foam (PUF) Disk Samplers for Measuring Trace Metals in Ambient Air. *Environmental Science & Technology Letters*, 6(9), 545–550. (disponible en anglais seulement)
- Galarneau, E., Wang, D., Dabek-Zlotorzynska, E., Siu, M., Celo, V., Tardif, M., Harnish, D., & Jiang, Y. (2016). Air toxics in Canada measured by the National Air Pollution Surveillance (NAPS) program and their relation to ambient air quality guidelines. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66(2), 184–200. (disponible en anglais seulement)
- Gamberg, M., Braune, B., Davey, E., Elkin, B., Hoekstra, P. F., Kennedy, D., & Zeeb, B. (2005). Spatial and temporal trends of contaminants in terrestrial biota from the Canadian Arctic. *Science of the Total Environment*, 351–352, 148–164. (disponible en anglais seulement)
- Garron, C., & Lalonde, B. (s.d.). [communication personnelle].
- Gatz, D. F., Bowersox, V. C., & Su, J. (1989). Lead and Cadmium loadings to the Great Lakes from Precipitation. *J. Great Lakes Res*, 15(2), 246–264. (disponible en anglais seulement)
- G.D.G. Environnement Ltée. (1990). Caractérisation des sédiments du port de Trois-Rivières. Annexes A & H. Conservation et Protection. Environnement Canada.
- Gobeil, C., Silverberg, N., Sundby, B., & Cossa, D. (1987). Cadmium diagenesis in Laurentian Trough sediments. *Geochim Cosmochim Acta*, 51, 589–596. (disponible en anglais seulement)
- Godwin, C. M., Smits, J. E. G., & Barclay, R. M. R. (2016). Metals and metalloids in nestling tree swallows and their dietary items near oilsands mine operations in Northern Alberta. *Science of the Total Environment*, 562, 714–723. (disponible en anglais seulement)
- Gouvernement du Canada. (1994). Cadmium et ses composés — Liste des substances d'intérêt prioritaire Rapport d'évaluation.
- Gouvernement du Canada. (2002). Options stratégiques pour la gestion des substances toxiques des fonderies des métaux communs : rapport sur la consultation des intervenants.
- Gouvernement du Canada. (2022a). Programme de surveillance nationale de la pollution atmosphérique (SNPA) —Gouvernement ouvert.

- Gouvernement of Canada. (2022b) Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord. Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada.
- Gurney, K. E. B., Wood, C. J., Alisauskas, R. T., Wayland, M., Devink, J. M. A., & Slattery, S. M. (2014). Identifying carry-over effects of wintering area on reproductive parameters in white-winged scoters: An isotopic approach. *Condor*, 116(2), 251–264. (disponible en anglais seulement)
- Hargreaves, A. L., Whiteside, D. P., & Gilchrist, G. (2011). Concentrations of 17 elements, including mercury, in the tissues, food and abiotic environment of arctic shorebirds. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3757–3770. (disponible en anglais seulement)
- Hughes, M. R., Bennett, D. C., Gray, D. A., Sharp, P. J., Scheuhammer, A. M., & Elliott, J. E. (2003). Effects of cadmium ingestion on plasma and osmoregulatory hormone concentrations in male and female Pekin ducks. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A*, 66(6), 565–579. (disponible en anglais seulement)
- Hume, J. (1987). Salsbury Lake Fertilization. Habitat Conservation Fund Progress Report 1986-1987 (p. 14) [Fisheries project Report No RD13.]. Province of British Columbia, Ministry of Environment and Parks.(disponible en anglais seulement)
- Inland Cement Ltd. (2000). Substitution Fuel Project, Edmonton, Alberta. Public Disclosure Document, 13. (disponible en anglais seulement)
- Jeong, C.-H., Traub, A., Huang, A., Hilker, N., Wang, J. M., Herod, D., Dabek-Zlotorzynska, E., Celo, V., & Evans, G. J. (2020). Long-term analysis of PM_{2.5} from 2004 to 2017 in Toronto: Composition, sources, and oxidative potential. *Environmental Pollution*, 263, 114652. (disponible en anglais seulement)
- Jeong, C.-H., Wang, J. M., Hilker, N., Debosz, J., Sofowote, U., Su, Y., Noble, M., Healy, R. M., Munoz, T., Dabek-Zlotorzynska, E., Celo, V., White, L., Audette, C., Herod, D., & Evans, G. J. (2019). Temporal and spatial variability of traffic-related PM_{2.5} sources: Comparison of exhaust and non-exhaust emissions. *Atmospheric Environment*, 198, 55–69. (disponible en anglais seulement)
- Jing, J., & Logan, T. J. (1992). Effects of sewage sludge cadmium concentration on chemical extractability and plant uptake. *J. Environ. Qual*, 21, 1–8. (disponible en anglais seulement)
- Kemp, A. L. W., C.I., D., & Harper, N. S. (1978). Sedimentation rates and a sediment budget for Lake Superior. *J. Great Lakes Res*, 4, 276–287. (disponible en anglais seulement)
- Kemp, A. L. W., & Thomas, R. L. (1976). Impact of man's activities on the chemical composition in the sediments of Lakes Ontario. Erie. and Huron. *Water. Air. and Soil Pollution*, 5, 469–490. (disponible en anglais seulement)
- Kemp, A. L. W., Thomas, R. L., Dell, C. I., & Jaquet, J.-M. (1976). Cultural Impact on the Geochemistry of Sediments in Lake Erie. *J. Fish. Res. Board Can*, 33, 440–462. (disponible en anglais seulement)

- Kubier, A., Wilkin, R. T., & Pichler, T. (2019). Cadmium in soils and groundwater: A review. *Applied Geochemistry: Journal of the International Association of Geochemistry and Cosmochemistry*, 108, 1–16. (disponible en anglais seulement)
- Lalonde, B., Ernst, W., & Comeau, F. (2011). Trace metal concentrations in sediments and fish in the vicinity of ash lagoon Discharges from Coal-Combustion Plants in New Brunswick and Nova Scotia, Canada. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 61, 472–481. (disponible en anglais seulement)
- Lapointe, J., & Goyer, C. (1997). Reclaiming Treated Wood Waste as Fuel in Cement Making. St. Lawrence Technologies. (disponible en anglais seulement)
- Larison, J. R., Likens, G. E., Fitzpatrick, J. W., & Crock, J. G. (2000). Cadmium toxicity among wildlife in the Colorado Rocky Mountains. *Nature*, 406(6792), 181–183. (disponible en anglais seulement)
- Larter, N. C., Macdonald, C. R., Elkin, B. T., Wang, X., Harms, N. J., Gamberg, M., & Muir, D. C. G. (2016). Cadmium and other elements in tissues from four ungulate species from the Mackenzie Mountain region of the Northwest Territories, Canada. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132, 9–17. (disponible en anglais seulement)
- Lawrence, S. G., Holoka, M. H., Hunt, R. V., & Hesslein, R. H. (1996). Multi-year experimental additions of cadmium to a lake epilimnion and resulting water column cadmium concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 53, 1876–1887. (disponible en anglais seulement)
- Lebeuf, M. (2009). Ministère des Pêches et des Océans.
- Li, W., Dryfhout-Clark, H., & Hung, H. (2020). PM10-bound trace elements in the Great Lakes Basin (1988-2017) indicates effectiveness of regulatory actions, variations in sources and reduction in human health risks. *Environment International*, 143, 106008. (disponible en anglais seulement)
- Macdonald, C. R., & Sprague, J. B. (1988). Cadmium in marine invertebrates and arctic cod in the Canadian Arctic. Distribution and Ecological Implications. *Marine Ecology Progress Series*, 47, 1–15. (disponible en anglais seulement)
- Macdonald, R. W., Barrie, L. A., Bidleman, T. F., Diamond, M. L., Gregor, D. J., Semkin, R. G., Strachan, W. M. J., Li, Y. F., Wania, F., Alaee, M., Alexeeva, L. B., Backus, S. M., Bailey, R., Bowers, J. M., Gobeil, C., Halsall, C. J., Harner, T., Hoff, J. T., Jantunen, L. M. M., ... Yunker, M. B. (2000). Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways. *Science of The Total Environment*, 254(2), 93–234. (disponible en anglais seulement)
- Mamun, A. A., Celo, V., Dabek-Zlotorzynska, E., Charland, J.-P., Cheng, I., & Zhang, L. (2021). Characterization and source apportionment of airborne particulate elements in the Athabasca oil sands region. *Science of The Total Environment*, 788, 147748. (disponible en anglais seulement)

- Markovic, M. Z., Prokop, S., Staebler, R. M., Liggio, J., & Harner, T. (2015). Evaluation of the particle infiltration efficiency of three passive samplers and the PS-1 active air sampler. *Atmospheric Environment*, 112, 289–293. (disponible en anglais seulement)
- May, T. W., & McKinney, L. (1981). Cadmium, lead, mercury, arsenic and selenium concentrations in freshwater fish, 1976–77. National Pesticide Monitoring Program. *Pest. Monit. J.*, 15, 14–39. (disponible en anglais seulement)
- McFarland, C. N., Bendell-Young, L. I., Guglielmo, C., & Williams, T. D. (2002). Kidney, liver and bone cadmium content in the western sandpiper in relation to migration. *Journal of Environmental Monitoring*, 4(5), 791–795. (disponible en anglais seulement)
- McGeer, J. C., Niyogi, S., & Smith, D. S. (2012). Cadmium. *Fish Physiol*, 31(Part B), 125–184. (disponible en anglais seulement)
- Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs. (2020). Critères de qualité de l'air ambiant.
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques. (2022). Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère, version 7.
- Modules et laminés photovoltaïques originaires ou exportés de la République populaire de Chine : Ordonnance RR-2020-001 (Tribunal canadien du commerce 2021).
- Mudroch, A., Sarazin, L., & Lomas, T. (1988). Summary of surface and background concentrations of selected elements in Great Lakes sediments. *J. Great Lakes Res.*, 14(2), 241–251. (disponible en anglais seulement)
- Muhammad, I., Puschenreiter, M., & Wenzel, W. W. (2012). Cadmium and Zn availability as affected by pH manipulation and its assessment by soil extraction, DGT and indicator plants. *Science of the Total Environment*, 416, 490–500. (disponible en anglais seulement)
- Nazzal, Y., Rosen, M. A., & Al-Rawabdeh, A. M. (2013). Assessment of metal pollution in urban road dusts from selected highways of the Greater Toronto Area in Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2), 1847–1858. (disponible en anglais seulement)
- Niyogi, S., & Wood, C. M. (2004). Biotic ligand model, a flexible tool for developing site-specific water quality guidelines for metals. *Environmental Science and Technology*, 38, 6177–6192.
- Nriagu, J. O. (1986). Metal pollution in the Great Lakes in relation to their carrying capacity. In G. Kullenberg (Ed.), *The Role of the Oceans as a Waste Disposal Option* (pp. 441–468). D. Reidel Publishing Co. (disponible en anglais seulement)
- Ohlson, M., & Staaland, H. (2001). Mineral diversity in wild plants: Benefits and bane for moose. *Oikos*, 94(3), 442–454. (disponible en anglais seulement)
- Pacyna, J. M., & Pacyna, E. G. (2001). An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environmental Reviews*, 9(4), 269–298.

- Parker, G. H., & Hamr, J. (2001). Metal levels in body tissues, forage and fecal pellets of elk (*Cervus elaphus*) living near the ore smelters at Sudbury, Ontario. *Environmental Pollution*, 113(3), 347–355.
- Pêches et Océans Canada. (2012). Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada.
- Pêches et Océans Canada. (2018). Programme de rétablissement des épaulards résidents (*Orcinus orca*) du nord et du sud au Canada.
- Pelletier, M. (2009). La contamination des sédiments par les toxiques : le lac Saint-Louis - confluent des deux rivières. Environnement Canada. (ISBN 978-1-100-10542-0 8).
- Pelletier, M. (2010). Suivi de la qualité des sédiments au lac Saint-François. Environnement Canada
- Pelletier, M. (2019). État de la qualité des sédiments du lac Saint-Louis. Environnement Canada (ISBN 978-0-660-32833-1 10).
- Pelletier, M. (2020). État de la qualité des sédiments du lac Saint-François en 2018. Environment Canada (pp. 978-0-660-35248-0 12).
- Pelletier, M., & Blais, S. (2018). Qualité des sédiments du fleuve Saint-Laurent dans le secteur de Québec en 2012 et son évolution depuis 1989. Environnement Canada (ISBN. 978-0-660-08699-6 7).
- Pollock, B., & Machin, K. L. (2008). Effects of cadmium, mercury, and selenium on reproductive indices in male lesser scaup (*Aythya affinis*) in the western boreal forest. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 54(4), 730–739. (disponible en anglais seulement)
- Pollock, B., & Machin, K. L. (2009). Corticosterone in relation to tissue cadmium, mercury and selenium concentrations and social status of male lesser scaup (*Aythya affinis*). *Ecotoxicology*, 18(1), 5–14. (disponible en anglais seulement)
- Pratte, I., Tomlik, M. D., Betsch, T. A., Braune, B. M., Milton, G. R., & Mallory, M. L. (2015). Trace elements in eggs of common eiders (*Somateria mollissima*) breeding in Nova Scotia, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1), 586–591. (disponible en anglais seulement)
- Procéan Inc. (1990). Caractérisation de la qualité des sédiments du port de Québec. Tome, 1, 124.
- Reavie, E. D., Robbins, J. A., Stoermer, E. F., Douglas, M. S., Emmert, G. E., Morehead, N. R., & Mudroch, A. (2005). Paleolimnology of a fluvial lake downstream of Lake Superior and the industrialized region of Sault Saint Marie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(11), 2586–2608. (disponible en anglais seulement)
- Reavie, E. D., Srgo, G. V., Estep, L. R., Bramberger, A. J., Shaw Chraibi, V. L., Pillsbury, R. W., Cai, M., Stow, C. A., & Dove, A. (2017). Climate warming and changes in *Cyclotella* sensu lato in the Laurentian Great Lakes: Great Lakes warming and *Cyclotella*. *Limnology and*

- Oceanography. Limnology and Oceanography, 62(2), 768–783. (disponible en anglais seulement)
- Ressources naturelles Canada. (2020). À propos de l'électricité.
- Richardson, G. M., Garrett, R., Mitchell, I., Mah-Poulson, M., & Hackbarth, T. (2001). Critical review on natural global and regional emissions of six trace metals to the atmosphere. Prepared for the International Lead Zinc Research Organisation, the International Copper Association, and the Nickel Producers Environmental Research Association. (disponible en anglais seulement)
- RIS International Ltd. (2005). Canadian Consumer Battery Baseline Study. (disponible en anglais seulement)
- Roberts, S., Kirk, J. L., Wiklund, J. A., Muir, D. C. G., Yang, F., Gleason, A., & Lawson, G. (2019). Mercury and metal(oid) deposition to remote Nova Scotia Lakes from both local and distant sources. *Science Total Environ*, 675, 192–202. (disponible en anglais seulement)
- Roberts, T. L. (2014). Cadmium and phosphorus fertilizers: The issues and the science. *Procedia Engineering*, 83, 52–59. (disponible en anglais seulement)
- Roch, M., & Maly, E. J. (1979). Relationship of cadmium-induced hypocalcemia with mortality in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and the influence of temperature on toxicity. *Journal of the Research Fisheries Board of Canada*, 36(11), 1297–1303. (disponible en anglais seulement)
- Rodrigue, J., Champoux, L., Leclair, D., & Duchesne, J. F. (2007). Cadmium concentrations in tissues of willow ptarmigan (*Lagopus lagopus*) and rock ptarmigan (*Lagopus muta*) in Nunavik, Northern Québec. *Environmental Pollution*, 147(3), 642–647. (disponible en anglais seulement)
- Rodríguez-Estival, J., & Smits, J. E. G. (2016). Small mammals as sentinels of oil sands related contaminants and health effects in northeastern Alberta, Canada. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 285–295. (disponible en anglais seulement)
- Rondeau, B., Cossa, D., Gagnon, P., & Bilodeau, L. (2000). Budget and sources of suspended sediment transported in the St. Lawrence River, Canada. *Hydrological Processes*, 14, 21–36. (disponible en anglais seulement)
- Schertz, T. L., Alexander, R. B., & Ohe, D. J. (1991). The Computer Program Estimate Trend (Estrend), A System For The Detection Of Trends In Water-Quality Data [U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Water-Resources Investigations Report 91-4040.]. (disponible en anglais seulement)
- Scheuhammer, A. M. (1987). The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review. *Environmental Pollution*, 46(4), 263–295. (disponible en anglais seulement)
- St. Lawrence Cement Inc. (2001). Greenport Project Overview. Permit Application to New York State Department of Environmental Quality, 2–20. (disponible en anglais seulement)
- Statistique Canada. (2022). Production d'électricité, production mensuelle par type d'électricité.

- Stratos Inc. (2003). Environmental performance review of the iron and steel sector. (disponible en anglais seulement)
- Sun, T., Wu, H., Wang, X., Ji, C., Shan, X., & Li, F. (2020). Evaluation on the biomagnification or biodilution of trace metals in global marine food webs by meta-analysis. *Environmental Pollution*, 264. (disponible en anglais seulement)
- Thomas, P., Irvine, J., Lyster, J., & Beaulieu, R. (2005). Radionuclides and trace metals in Canadian moose near uranium mines: Comparison of radiation doses and food chain transfer with cattle and caribou. *Health Physics*, 88(5), 423–438. (disponible en anglais seulement)
- Thomas, R. L. (1983). Lake Ontario Sediments as Indicators of the Niagara River as a Primary Source of Contaminants. *J. Great Lakes Res.*, 9(2), 118–124. (disponible en anglais seulement)
- United Nations Environment Programme. (2019). Final review of scientific information on cadmium. (disponible en anglais seulement)
- U.S. Environmental Protection Agency. (1980). Atmospheric cycles of cadmium and lead: Emissions, transport, transformation and removal. (disponible en anglais seulement)
- U.S. Environmental Protection Agency. (1999). NESHAPS: Final Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors; 40 CFR Part 60 Final Rule. (disponible en anglais seulement)
- U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste (1998). Draft-Technical Background Document on Ground Water Controls at CKD Landfills, (pp. 1–8). (disponible en anglais seulement)
- U.S. Geological Survey. (2022). Mineral commodity summaries 2022. In *Mineral Commodity Summaries (2022)*. U.S. Geological Survey. (disponible en anglais seulement)
- Wang, W.X. (2002). Interactions of trace metals and different marine food chains. *Marine Ecology Progress Series*, 243, 295–309. (disponible en anglais seulement)
- Wayland, M., Drake, K. L., Alisauskas, R. T., Kellett, D. K., Traylor, J., Swoboda, C., & Mehl, K. (2008). Survival rates and blood metal concentrations in two species of free-ranging North American sea ducks. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(3), 698–704. (disponible en anglais seulement)
- Wayland, M., Gilchrist, H. G., Dickson, D. L., Bollinger, T., James, C., Carreno, R. A., & Keating, J. (2001). Trace elements in king eiders and common eiders in the Canadian arctic. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 41(4), 491–500. (disponible en anglais seulement)
- Wayland, M., Gilchrist, H. G., Marchant, T., Keating, J., & Smits, J. E. (2002). Immune function, stress response, and body condition in arctic-breeding common eiders in relation to cadmium, mercury, and selenium concentrations. *Environmental Research*, 90(1), 47–60. (disponible en anglais seulement)

- Wayland, M., Gilchrist, H. G., & Neugebauer, E. (2005). Concentrations of cadmium, mercury and selenium in common eider ducks in the eastern Canadian arctic: Influence of reproductive stage. *Science of the Total Environment*, 351–352, 323–332. (disponible en anglais seulement)
- Wayland, M., & Scheuhammer, A. M. (2011). Cadmium in Birds. In W. N. Beyer & J. P. Meador (Eds.), *Environmental Contaminants in Biota. Interpreting Tissue Concentrations. Second Edition* (pp. 645–666). CRC Press. (disponible en anglais seulement)
- Wayland, M., Smits, J. E. G., Gilchrist, H. G., Marchant, T., & Keating, J. (2003). Biomarker responses in nesting, common eiders in the Canadian arctic in relation to tissue cadmium, mercury and selenium concentrations. *Ecotoxicology*, 12(1–4), 225–237. (disponible en anglais seulement)
- World Health Organization. (1992). *Cadmium: Environmental Health Criteria*. (disponible en anglais seulement)
- Young, K. L., & Lund, K. (2006). An investigation of cadmium and lead from a High Arctic waste disposal site, Resolute Bay, Nunavut, Canada. *Hydrology Research*, 37(4–5), 441–453. (disponible en anglais seulement)
- Yuan, F. (2017). A multi-element sediment record of hydrological and environmental changes from Lake Erie since 1800. *J Paleolimnol*, 58, 23–42. (disponible en anglais seulement)
- Yuan, F., Depew, R., & Soltis-Muth, C. (2014). Ecosystem regime change inferred from the distribution of trace metals in Lake Erie sediments. *Scientific Reports*, 4, 7265. (disponible en anglais seulement)
- Zhang, H., Walker, T. R., Davis, E., & Ma, G. (2019). Ecological risk assessment of metals in small craft harbour sediments in Nova Scotia, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 466–475. (disponible en anglais seulement)

Annexe 1 – Indicateurs et autres renseignements pris en compte dans l'évaluation

A. Indicateurs permettant d'évaluer l'objectif environnemental : Réduire les rejets anthropiques canadiens de composés inorganiques de cadmium de manière à ne pas dépasser les concentrations censées causer des effets nocifs pour l'environnement, en tenant compte des concentrations de fond.

Indicateur A1 : Tendances des concentrations environnementales; nombre, proportion et importance des dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement par année et par site

Sous indicateur : Concentrations de cadmium dans l'air ambiant

Source(s) des données

- Programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique
- Programme de recherche sur les aérocontaminants toxiques au Canada
- Programme d'échantillonnage passif
- Programme de surveillance du bassin des Grands Lacs

Justification du choix de le sous indicateur

- Le cadmium est rejeté dans l'air par des activités industrielles, une voie de rejet primaire indiquée dans l'évaluation de 1994.
- Les tendances de l'air ambiant peuvent indiquer si les tendances des émissions industrielles canadiennes déclarées sont liées aux tendances des concentrations environnementales.
- Les dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement peuvent aider à évaluer s'il y a des effets nocifs sur l'environnement.

Résultat

- Réductions significatives des concentrations de cadmium à la plupart des endroits, mais certains ne présentent aucune tendance.
- Les recommandations n'ont pas été dépassées.

Limites et considérations

- Il existe des lacunes dans la surveillance pour les provinces des Prairies, l'Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador et le nord du Canada.
- Peu de surveillance est effectuée près des sources ponctuelles, et le nombre de sites n'est pas suffisant pour permettre une analyse des tendances selon l'utilisation des terres.
- La modélisation dans le bassin des Grands Lacs suggère que le transport atmosphérique de cadmium à partir des États-Unis est responsable de la plus grande partie des concentrations de cadmium dans la région.
- Les recommandations existantes pour la qualité de l'air ambiant ne tiennent peut-être pas compte des effets sur le milieu aquatique.

Conclusion et recommandations

- Les concentrations atmosphériques de cadmium sont en déclin à la plupart des endroits, mais les activités anthropiques contribuent encore à des concentrations supérieures aux concentrations de fond.
- Les recommandations pour la qualité de l'air ambiant reposent sur une évaluation des effets sur la santé humaine et non sur l'environnement. Il pourrait être justifié d'examiner la protection offerte par les recommandations actuelles ou d'élaborer de nouvelles recommandations fédérales, et de tenir compte de tout l'éventail des tailles de particules et des risques potentiels du dépôt atmosphérique de cadmium dans le milieu aquatique. Le dépôt atmosphérique joue un rôle important dans les concentrations trouvées dans les sédiments à certains endroits du Canada, et le cadmium dans les matières particulaires est très soluble.
- La surveillance atmosphérique importe pour l'évaluation de l'efficacité et des risques que pose le cadmium dans l'air. La fermeture de certains sites de surveillance a entraîné des lacunes temporelles et spatiales qui s'aggraveront avec le temps.
- Il faudrait que la surveillance de l'environnement se poursuive et que l'on analyse des métaux à l'aide de l'ICP-MS à un plus grand nombre de sites pour améliorer la couverture nationale et la puissance analytique afin d'assurer une évaluation plus approfondie. L'échantillonnage passif peut être utile pour compléter les réseaux de surveillance existants.
- La modélisation aiderait à déterminer les sources qui contribuent aux concentrations de cadmium dans l'air et les principaux facteurs à l'origine de ces concentrations, comme le rôle du transport local et sur de longues distances, les effets des sources associées aux transports, les feux de forêt et les changements climatiques.
- Le transport à grande distance du cadmium des États-Unis est une source importante de cadmium près de la frontière. La poursuite des travaux liés aux accords binationaux et internationaux qui réduisent la pollution aura des effets positifs sur la pollution atmosphérique transfrontalière qui touche l'environnement canadien.

Sous indicateur : Concentrations de cadmium dans les sédiments

Source(s) des données

- Programme de suivi et de surveillance du Plan de gestion des produits chimiques

Justification du choix de l'indicateur

- Le cadmium se retrouve dans les sédiments en raison du dépôt atmosphérique et de sa dissolution et précipitation dans l'eau.
- Les dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement peuvent aider à évaluer s'il y a des effets nocifs sur l'environnement.

Résultat

- Déclin général, mais quelques points chauds subsistent, présentant des concentrations supérieures à la concentration seuil produisant un effet, et on observe une augmentation à certains endroits, en particulier le lac Ontario.

Limites et considérations

- Les analyses temporelles étaient limitées au Canada pacifique et au Canada atlantique.
- Aucune donnée de surveillance n'était disponible pour le Nord.

Conclusion et recommandations

- La baisse généralisée des concentrations dans les sédiments canadiens indique que des progrès ont été réalisés vers l'atteinte de l'objectif. Cependant, l'augmentation de ces concentrations à certains endroits est préoccupante. Le nombre d'endroits où les concentrations dans les sédiments

dépassent la concentration seuil produisant un effet soulève également des préoccupations. Il est recommandé de continuer à surveiller les sédiments aux fins des futures évaluations, surtout dans les régions du Pacifique et de l'Atlantique où aucune donnée temporelle n'a été recueillie.

- Le dépôt atmosphérique est un facteur important de la concentration dans les sédiments. Des réductions supplémentaires des concentrations atmosphériques de cadmium aideraient à réduire les charges de cadmium dans les milieux aquatiques.
- L'examen des sources locales contribuant à la contamination dans les zones où les concentrations de cadmium sont en hausse, en particulier lorsqu'elles dépassent la concentration produisant un effet probable, devrait être envisagé pour déterminer s'il faut prendre des mesures supplémentaires.

Sous indicateur : Concentrations de cadmium dans l'eau douce

Source(s) des données

- Programme de suivi et de surveillance du Plan de gestion des produits chimiques

Justification du choix de l'indicateur

- Le cadmium est rejeté dans l'eau dans le cadre de procédés industriels et du traitement des eaux usées.
- Le dépôt atmosphérique contribue aussi au cadmium dans l'eau.
- Les dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement peuvent aider à évaluer s'il y a des effets nocifs sur l'environnement.

Résultat

- Largement en déclin ou sans tendance. Les sites présentant une tendance à la hausse demeuraient très en deçà des concentrations recommandées.

Limites et considérations

- Il n'a pas été possible de réaliser une analyse des tendances à de nombreux sites.
- Les concentrations de cadmium étaient souvent inférieures aux seuils de détection.

Conclusion et recommandations

- Les dépassements des recommandations pour la qualité de l'environnement étaient rares, et les concentrations de cadmium sont généralement en déclin, mais il reste des points chauds, notamment Niagara-on-the-Lake. Les sources de pollution dans les bassins de l'ouest et du centre du lac Érié contribuent encore à des concentrations de cadmium élevées. La collaboration continue avec les États-Unis est recommandée pour réduire les sources actuelles et historiques de la contamination par le cadmium, lorsqu'il y a lieu.
- Les conditions naturelles jouent un rôle important dans les concentrations de cadmium et doivent être prises en compte lors de l'évaluation des risques et de la toxicité.

Indicateur A2 : Tendances des concentrations tissulaires; nombre, proportion et importance des dépassements des concentrations de cadmium dans le biote au-delà des seuils d'effets nocifs avec le temps et par endroit

Sous indicateur : Concentrations de cadmium dans les poissons

Source(s) des données

- Programme de suivi et de surveillance du Plan de gestion des produits chimiques

Justification du choix de l'indicateur

- Le cadmium s'accumule dans les poissons, où il atteint des concentrations supérieures à celles trouvées dans l'eau.
- Les concentrations dans les poissons peuvent indiquer la quantité de cadmium biodisponible dans l'environnement.

Résultat

- Largement en déclin, mais les tendances diffèrent selon les espèces et les plans d'eau.

Limites et considérations

- Il existe peu de données sur les effets toxicologiques sublétaux, et il est difficile de déterminer ceux-ci étant donné les effets d'autres substances auxquelles les poissons sont exposés, qui portent à confusion.
- Les concentrations étaient les plus élevées chez les espèces-proies des poissons, mais le programme de surveillance vise les prédateurs de niveau trophique supérieur.
- Les concentrations élevées de cadmium dans les poissons de certains endroits peuvent être dues à des différences régionales dans les conditions de l'eau qui influencent la biodisponibilité.

Conclusion et recommandations

- On ne dispose pas d'assez d'information pour déterminer si les concentrations de cadmium causent des effets nocifs pour les poissons, mais en général, les concentrations dans les poissons sont en déclin. Des charges corporelles supérieures de cadmium ont été mesurées chez les poissons à proximité de sites miniers anciens et actuels et dans des zones où l'on épand volontairement des engrais.
- Les poissons sont de bons indicateurs de la quantité de cadmium qui est biodisponible dans l'environnement et qui entre dans la chaîne alimentaire.
- Il convient de continuer à surveiller les espèces-proies, et il importe d'évaluer les risques des substances toxiques qui se bioaccumulent, mais ne se bioamplifient pas.

Sous indicateur : Concentrations de cadmium dans les espèces sauvages

Source(s) des données

- Études écotoxicologiques
- Programme de lutte contre les contaminants du Nord

Justification du choix de l'indicateur

- Les tendances des concentrations de cadmium dans les espèces sauvages donnent de l'information sur la biodisponibilité relative du cadmium dans l'environnement à divers endroits du Canada et au fil du temps.
- Les dépassements des concentrations seuils dans les tissus d'espèces sauvages peuvent indiquer si le cadmium a des effets nocifs sur l'environnement.

Résultat

- Les concentrations sont restées à peu près stables ou ont décliné légèrement. Aucune tendance à la hausse n'a été trouvée.
- Les concentrations mesurées chez les espèces sauvages canadiennes étaient généralement inférieures aux concentrations tissulaires seuils indiquées dans la littérature, mais des effets subchroniques peuvent être présents aux faibles concentrations.

Limites et considérations

- L'information sur les effets toxicologiques sublétaux est limitée et ces effets sont difficiles à déterminer étant donné les effets d'autres substances auxquelles les espèces sauvages sont exposées, qui portent à confusion.

Conclusion et recommandations

- Les concentrations de cadmium sont restées généralement stables ou ont décliné légèrement avec le temps. La majorité étaient inférieures aux seuils d'un risque accru d'effets toxicologiques sublétaux, mais des effets subchroniques peuvent être présents.
- Il existe peu de mesures du cadmium près des sources ponctuelles de rejet, et des études supplémentaires pourraient être justifiées.

Indicateur A3 : Tendances des concentrations de cadmium rejetées par les sources industrielles et nombre de dépassements des recommandations ou critères relatifs aux rejets (selon ce qui s'applique) avec le temps

Source(s) des données

- Rapports sur les Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement
- Suivi des effets sur l'environnement conformément aux exigences réglementaires
- Données de surveillance des eaux usées municipales et des biosolides municipaux du Plan de gestion des produits chimiques

Justification du choix de l'indicateur

- L'examen du nombre de dépassements des recommandations ou critères applicables peut indiquer si les rejets industriels pénètrent dans l'environnement à des concentrations susceptibles d'être nocives pour la vie aquatique.
- L'épandage de boues d'épuration a été nommé parmi les sources préoccupantes dans le rapport d'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire. Une analyse des tendances ou une comparaison avec les lignes directrices ou d'autres limites ou exigences relatives à l'épandage aideront à déterminer si les biosolides municipaux épandus présentent des concentrations susceptibles de poser des risques pour l'environnement.
- Il pourrait être utile de surveiller les données sur les eaux usées pour établir les tendances des apports aux réseaux d'égouts municipaux provenant de sources industrielles et de produits de consommation en amont.

Résultat

- Les effluents des pâtes et papiers et de l'exploitation minière ne présentaient généralement pas de toxicité aiguë.
- Il a été montré que les effluents des fabriques de pâtes et papiers ont des effets sur les zones exposées, mais on ne sait pas quel rôle jouent des métaux donnés dans ces effets.
- Dans certains cas, les concentrations de cadmium dans les zones de référence et les zones exposées aux effluents de mines étaient plus élevées que celles censées causer des effets nocifs.
- Les concentrations de cadmium dans les biosolides municipaux utilisés comme compost et autres produits épandus sont généralement inférieures aux normes établies pour une utilisation sans contrainte.

Limites et considérations

- Il n'a pas été possible de comparer les concentrations dans les eaux usées aux recommandations pour la qualité de l'environnement parce qu'on ne disposait pas de données sur la dureté.

Conclusion et recommandations

- Les effluents ne présentent généralement pas de toxicité aiguë, mais peuvent quand même avoir des effets sur l'environnement dans les zones exposées. Il est recommandé de procéder à des études supplémentaires de la composition des effluents des fabriques de pâtes et papiers pour déterminer la cause des effets dans les zones exposées.
- Les concentrations de cadmium dans les zones exposées et de référence des installations minières étaient plus élevées que celles censées causer des effets nocifs. Il est recommandé de procéder à des études supplémentaires de ces sites, surtout là où les recommandations pour l'exposition à court terme étaient dépassées.
- Les biosolides municipaux sont le plus souvent épandus, et leurs concentrations varient selon l'utilisation des terres. La plupart des biosolides destinés à être utilisés comme compost ou autres produits épandus présentent des concentrations inférieures à celles censées causer des effets nocifs pour l'environnement.
- Les concentrations de cadmium dans les eaux usées et les biosolides sont liées aux apports dans le bassin d'eaux usées et sont propres à chaque installation de traitement des eaux usées. Les concentrations dans les influents sont supérieures à celles dans l'eau douce ambiante, ce qui indique la présence d'apports dus à des activités humaines.

B. Indicateurs permettant d'évaluer l'objectif de gestion des risques : Réduire les rejets anthropiques de composés inorganiques de cadmium au niveau le plus bas possible sur les plans technique et économique, en tenant compte des facteurs socioéconomiques.

Indicateur B1 : Tendances des rejets, éliminations et transferts de cadmium par les secteurs préoccupants, et tendances du nombre d'installations soumettant un rapport sur le cadmium par secteur

Source(s) des données

- Inventaires de rejets (IEPA, INRP)

Justification du choix de l'indicateur

- Les tendances des données sur les rejets indiqueront si des progrès ont été faits pour réduire les rejets anthropiques.
- Combinées aux tendances du nombre d'installations déclarant des rejets, les données peuvent indiquer si des progrès ont été réalisés grâce à l'amélioration des procédés ou si les tendances des rejets étaient simplement influencées par la modification du nombre d'installations déclarantes.

Résultat

- Le cadmium est principalement rejeté dans l'air.
- On constate une diminution significative des rejets depuis 1994, malgré l'augmentation du nombre d'installations qui déclarent des rejets, mais la diminution ralentit depuis la fin des années 2000.
- Les rejets proviennent surtout des secteurs préoccupants, mais leur profil évolue.
- On constate qu'une plus grande quantité de cadmium est transférée hors site à des fins de traitement des déchets.
- On remarque une augmentation des éliminations sur place par enfouissement et une diminution des éliminations hors site.

- Seules les installations répondant aux seuils de déclaration de l'INRP doivent produire des rapports sur les rejets.

Limites et considérations

- Ce ne sont pas toutes les installations ou sources rejetant du cadmium qui doivent présenter des rapports.
- Les tendances pourraient être influencées par des facteurs externes (par exemple prix des matériaux, fermeture d'installations).
- Les inventaires se fondent sur les rapports des installations et des coefficients d'émission calculés. Il est possible qu'il y ait des erreurs dans les rapports ou les calculs.
- Les données des inventaires fournissent de l'information sur la quantité totale de rejets d'une installation donnée, mais pas sur l'intensité de cadmium dans les rejets à un moment donné, les facteurs de dilution ou les conditions environnementales au point de rejet.
- Les installations peuvent utiliser des codes SCIAN différents d'une année à l'autre dans leurs rapports sur les rejets à l'INRP, selon ce qu'elles considèrent comme leur principale activité. Cette latitude est problématique pour le suivi des rejets du secteur au fil du temps, bien qu'il soit possible de surveiller les rejets de chaque installation.

Conclusion et recommandations

- La plupart des rejets de cadmium proviennent de secteurs préoccupants, et les rejets de ces secteurs ont considérablement diminué par rapport aux niveaux de 1994.
- Un nombre accru d'installations déclarent des rejets. Pour la majorité des secteurs, ce fait n'a pas donné lieu à une augmentation des émissions sectorielles, car la quantité moyenne de rejets de cadmium des installations a diminué au fil du temps, bien que la diminution ait ralenti au cours des dernières années.
- Le profil des rejets de cadmium évolue lentement. En particulier, le chauffage résidentiel, commercial et institutionnel ainsi que la fabrication (surtout par les fabriques de pâtes et papiers) jouent un rôle bien plus important dans ce profil en 2020 qu'en 1994. Les rejets des installations de traitement des eaux usées ne présentaient pas de tendance significative, ce qui pourrait justifier un examen plus approfondi des apports aux eaux usées.
- Une quantité accrue de cadmium est éliminée sur place par un nombre accru d'installations de gestion de déchets dangereux. L'enfouissement représente la majorité des activités d'élimination sur place, et la plupart des activités sont réalisées par des installations de gestion de déchets dangereux.
- La quantité de cadmium transférée a également augmenté. Une quantité accrue de déchets est transférée à des fins de traitement avant l'élimination définitive.
- Il pourrait y avoir lieu d'étudier plus en profondeur les sources et secteurs à l'origine des rejets pour lesquels on ne constate aucune diminution, afin de déterminer s'il faut prendre des mesures supplémentaires de gestion des risques. Il pourrait aussi y avoir lieu d'étudier les sources de rejets qui forment une partie importante du profil de rejets et n'ont pas été abordées dans l'évaluation de 1994.
- Le gouvernement devrait s'attaquer au problème de changement des codes SCIAN en consultation avec l'industrie, au besoin.

Indicateur B2 : Tendances des rejets provenant de l'utilisation et de l'élimination de produits

Source(s) des données

- Surveillance du lixiviat des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux
- Rapports de consultants
- Échantillonnage des eaux usées et des biosolides municipaux

- Programme de suivi et de surveillance du Plan de gestion des produits chimiques
- Données de l'INRP

Justification du choix de l'indicateur

- Les déchets solides figuraient parmi les sources préoccupantes dans le rapport d'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire.
- Les données sur le lixiviat des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux peuvent fournir des renseignements sur les tendances de l'utilisation du cadmium dans les sources en amont, comme les produits de consommation ou les sources industrielles.
- Il pourrait être utile de faire une analyse des rejets observés d'effluents pour estimer les rejets totaux d'une installation donnée, afin de permettre la comparaison avec les valeurs estimées des rejets déclarées à l'INRP.
- Les données sur les eaux usées et les biosolides municipaux peuvent fournir des renseignements sur les tendances d'utilisation du cadmium dans les sources en amont, comme les produits et les sources industrielles.
- Les tendances des rejets provenant des installations de gestion des déchets et des installations de traitement des eaux usées sont probablement influencées par la teneur en cadmium des influents ou des déchets reçus.
- Les données de l'inventaire sur l'élimination et le transfert peuvent aussi fournir de l'information sur la quantité de cadmium découlant des industries et des procédés industriels.
- Les rejets provenant du traitement des eaux usées sont restés relativement inchangés.

Résultat

- Le cadmium a été détecté dans moins de la moitié des échantillons de lixiviat des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux.
- On n'a constaté aucune tendance claire des concentrations dans le lixiviat des sites d'enfouissement au fil du temps.
- On n'a trouvé aucun lien clair entre, d'une part, les concentrations de cadmium dans les eaux ou les biosolides, et d'autre part, les volumes traités ou le pourcentage des apports commerciaux ou industriels aux réseaux d'égouts par rapport aux apports résidentiels.
- Les concentrations de cadmium dans les effluents d'eaux usées sont faibles et semblables à celles trouvées lors de la surveillance environnementale des eaux de surface.
- Les biosolides municipaux sont utilisés ou éliminés convenablement.
- Les rejets des sites d'enfouissement de déchets dangereux qui présentent des rapports à l'INRP sont intermittents et très faibles.
- Environ la moitié du cadmium éliminé après le traitement des eaux usées est destinée à l'épandage, probablement sous forme de composant des biosolides.
- Aucune tendance temporelle de la quantité de cadmium éliminée par les usines de traitement des eaux usées n'a été trouvée.
- Les installations de traitement de déchets dangereux éliminent de plus en plus de cadmium. La plus grande partie est envoyée à des sites d'enfouissement de déchets dangereux.
- La quantité de cadmium transférée à des installations de traitement de déchets dangereux a augmenté au fil du temps, tandis que la quantité de cadmium transférée à des usines de traitement des eaux usées par l'intermédiaire de rejets dans les réseaux d'égouts ne présente pas de tendance significative.

Limites et considérations

- La collecte de données était limitée à 13 sites d'enfouissement de déchets solides municipaux qui avaient un taux de remplissage permis de 40 000 t par année, contenaient déjà au moins 1 000 000 t de déchets et disposaient de systèmes de collecte du lixiviat opérationnels.

- Il peut falloir plusieurs années pour que le cadmium s'échappe des matières et se retrouve dans le lixiviat.
- Le programme d'échantillonnage du gouvernement ne fournit pas assez de données pour faire une analyse temporelle des eaux usées et des biosolides, mais donne une idée générale des concentrations de cadmium dans les effluents d'eaux usées et les biosolides municipaux au Canada.
- La petite taille des échantillons peut empêcher de trouver des corrélations ou des tendances.
- Les apports résidentiels et les installations qui ne soumettent pas de déclaration à l'INRP ne sont pas pris en compte dans les données sur l'élimination et le transfert.
- Seuls les sites d'enfouissement de déchets dangereux ont signalé des rejets de cadmium à l'INRP.

Conclusion et recommandations

- Aucune tendance n'a été détectée pour les concentrations dans le lixiviat des sites d'enfouissement, ce qui suggère qu'il n'y a pas eu de changement de la quantité de déchets contenant du cadmium qui sont éliminés dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux.
- Les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux ne semblent pas être de grandes sources de rejets de cadmium, bien que l'on ne disposait pas de données sur les rejets potentiels des petits sites d'enfouissement et des sites sans système de collecte du lixiviat.
- Une surveillance périodique du lixiviat des sites d'enfouissement pourrait être utile aux futures évaluations, car il peut falloir plusieurs années pour que le cadmium s'échappe des déchets. Selon l'INRP, la quantité de cadmium envoyée aux sites d'enfouissement de déchets dangereux a augmenté, et ce pourrait aussi être le cas pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux, mais l'INRP ne contient aucune donnée sur les rejets et les transferts de cadmium liés aux installations de gestion de déchets solides municipaux.
- Le traitement des eaux usées retire efficacement le cadmium des influents, et l'efficacité du retrait dépend des méthodes de traitement.
- Les concentrations dans les effluents se situent souvent en deçà des seuils de détection et à l'intérieur de la plage de valeurs obtenues lors de la surveillance de la qualité des eaux de surface.
- L'absence de corrélation entre les concentrations de cadmium trouvées dans les influents et les biosolides municipaux et le pourcentage d'activités industrialisées dans le bassin d'eaux usées laisse à penser que le cadmium dans les produits pourrait être la source principale des rejets dans le milieu aquatique.
- Les installations de gestion des déchets et de traitement des eaux usées reçoivent du cadmium de sources industrielles et résidentielles.
- Les eaux usées sont la principale source des rejets de cadmium dans l'eau, et la quantité de cadmium déclarée être reçue des installations industrielles est beaucoup plus faible que les rejets de cadmium enregistrés, ce qui indique un apport considérable provenant des produits ou des activités industrielles non visées par des déclarations à l'INRP.
- L'absence de tendance relative aux rejets provenant des installations de gestion des eaux usées ou à la quantité de cadmium éliminée par ces installations pourrait indiquer que les apports résidentiels découlant des produits sont demeurés inchangés.
- Les sites d'enfouissement de déchets dangereux reçoivent une grande quantité de cadmium dans les déchets issus d'activités industrielles, mais ne déclarent que de petites quantités de rejets de ce métal.
- Une quantité accrue de cadmium est transférée à des installations spécialisées de traitement des déchets dangereux. Ceci pourrait indiquer une meilleure gestion des déchets dangereux contenant la substance, soit un traitement qui réduit le potentiel de lixiviation et la biodisponibilité.

Indicateur B3 : Nombre et proportion d'installations utilisant les meilleures technologies disponibles et les pratiques environnementales exemplaires (MTD-PEE).

Source(s) des données

- Consultations avec le personnel d'ECCC sur les taux sectoriels de mise en œuvre des lignes directrices ou des codes de pratiques présentant les MTD-PEE
- Rapports sur le rendement des instruments
- Rapports de l'industrie, des universités, des gouvernements provinciaux ou territoriaux ou d'autres sources quand disponibles

Justification du choix de l'indicateur

- Le degré de recours aux MTD-PEE indiquera si les installations industrielles prennent des mesures pour réduire au minimum les rejets dans l'environnement.

Résultat

- La mise en œuvre des lignes directrices, codes de pratiques et autres mesures volontaires du gouvernement fédéral n'est généralement pas surveillée.
- Les rapports du secteur de la fusion et de l'affinage des métaux communs indiquent que la plupart des installations mettent en œuvre le code de pratiques, qui présente les MTD-PEE.
- Les rapports du secteur du fer et de l'acier indiquent que la mise en œuvre des codes de pratiques varie beaucoup entre les installations, mais une enquête de suivi a déterminé que la plupart des installations se conformaient au code, qui présente les MTD-PEE.

Limites et considérations

- Le gouvernement ne recueille pas d'information sur la mise en œuvre des mesures contenues dans les lignes directrices, codes de pratiques ou anciens avis de planification de la prévention de la pollution à application volontaire.

Conclusion et recommandations

- L'intégration de la mise en œuvre des lignes directrices et des codes de pratiques dans les ententes sur la performance ou les avis de planification de la P2 fournit des données importantes pour les décisions de gestion des risques.
- Dans les cas où des codes de pratiques ont été élaborés, il semble qu'ils soient mis en œuvre par les installations, mais le degré d'application des codes et des MTD-PEE recommandées n'est pas clair.
- Le gouvernement devrait mieux surveiller l'utilisation des MTD-PEE pour aider à déterminer si les rejets dans l'environnement sont à leur plus bas niveau possible.

C. Indicateurs permettant d'évaluer les efforts de communication des risques

Indicateur C1 : Quantité de matériel de communication publié qui abordait les risques du cadmium pour l'environnement ou les mesures de gestion des risques connexes prises par le gouvernement fédéral

Source des données

- Recherche dans les publications d'ECCC et ses messages sur les médias sociaux

- Statistiques sur l'accès du public aux communications contenant des renseignements liés au cadmium
- Consultations de pages Web, indicateurs relatifs aux médias sociaux (mentions « j'aime », rediffusions, commentaires, etc.)

Justification du choix de l'indicateur

- Le nombre de publications indiquera le niveau d'effort déployé pour communiquer les risques et la gestion des risques au public.
- Les statistiques ou les indicateurs portant sur la consultation du contenu publié et les interactions avec celui-ci indiqueront si le public s'intéresse aux renseignements et l'efficacité avec laquelle le contenu atteint son public cible.

Résultat

- Seuls deux messages pertinents ont été trouvés sur les réseaux sociaux.
- Deux pages portant sur le cadmium ont été trouvées en plus du rapport de l'évaluation de 1994.
- Il existe d'autres renseignements sur de multiples polluants, y compris le cadmium, dans des rapports sur les ICDE, le rapport de l'IEPA, l'OIPABP et des pages consacrés à des instruments de gestion des risques particuliers.
- Les données sont accessibles sur le portail Données ouvertes et les pages Web des inventaires.
- On compte plus de 200 nouvelles consultations de pages par année, et ce chiffre semble augmenter.
- Des commentaires sur l'évaluation des risques du cadmium ont été reçus récemment.
- Les indicateurs relatifs aux médias sociaux ne sont pas surveillés.

Limites et considérations

- Les données ne sont disponibles qu'à partir d'octobre 2019.

Conclusion et recommandations

- Les renseignements sur le cadmium et la gestion des risques étaient répartis sur des pages d'ECCC. Les pages Web doivent être tenues à jour, et la page sur le cadmium de la Liste des substances toxiques devrait être le principal endroit d'information contenant des liens vers les autres ressources.
- Des outils interactifs récemment créés comme les tableaux de bord et les cartes de l'OIPABP, de l'INRP et des ICDE peuvent rendre plus simple pour les membres du public de trouver l'information sur les zones qui leur importent.
- Les données environnementales sont accessibles en ligne, mais aucune analyse n'est fournie. Sans les connaissances, les compétences, l'équipement et le temps requis pour analyser ces données, il n'est pas facile pour les membres du public d'accéder à des renseignements utiles sur les concentrations de contaminants dans leur environnement.
- Le public s'intéresse au cadmium dans l'environnement. Il faudrait déployer plus d'efforts pour communiquer les travaux réalisés afin de gérer les risques de cette substance, et surveiller la réussite de ces efforts à des fins d'amélioration, au besoin.

État de la mise en œuvre des recommandations des rapports sur les options stratégiques

Fusion des métaux communs

Recommandation 1 – Objectifs et délais de réduction des rejets : Réduire de 80 % d’ici l’an 2008 et de 90 % par la suite les rejets totaux (en 1988) de substances LCPE des fonderies de métaux communs par des méthodes techniquement et économiquement praticables.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : Les rejets de cadmium s’élevaient à 133 t en 1988 et à 20 t en 2008, une réduction de 85 %. Les réductions ont dépassé 90 % après 2010.

Recommandation 2 – Normes environnementales : Élaborer des directives pancanadiennes relatives à la qualité de l’eau et de l’air ambiant dans l’environnement pour les substances préoccupantes dans les fonderies de métaux communs; concevoir des directives appropriées de rendement écologique des sources pour les rejets dans l’atmosphère et l’eau en tenant compte des meilleures techniques disponibles d’application rentable en matière de prévention de la pollution et de réduction des rejets dans le cas des fonderies nouvelles ou existantes, directives qui s’appliqueraient au plus tard en 2000; établir des protocoles de mesure et de déclaration des rejets; et offrir aux intervenants des occasions appropriées d’aider à l’élaboration des directives et des protocoles en matière d’environnement.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : Les recommandations pancanadiennes pour la qualité de l’environnement visant l’eau qui ont été produites par le CCME ainsi que le code de pratiques de 2006 recommandaient des objectifs pour la qualité de l’air ambiant.

Des directives relatives au rendement sont présentées dans le code de pratiques publié en 2006.

Des protocoles de mesure et de déclaration ont été conçus pour l’INRP.

Les intervenants ont la possibilité de commenter les recommandations pour la qualité de l’environnement et ont participé à l’élaboration du code de pratiques. Le public a aussi eu la possibilité de commenter toutes les mesures fédérales de gestion des risques adoptées pour le secteur.

Recommandation 3 – Plans de gestion de l’environnement particuliers aux établissements : Élaborer et appliquer des plans de gestion de l’environnement particuliers aux établissements en cause et évaluer l’efficacité de ces plans en 2001.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : Des avis de planification de la prévention de la pollution ont été exigés pour chaque installation en 2006. Le rendement des plans a été évalué au moyen de rapports sur le rendement.

Recommandation 4 – Uniformité des données et de leur déclaration : Instituer et mettre en usage des méthodes de référence pour la surveillance des rejets, des programmes d'assurance et de contrôle de qualité et une vérification indépendante du système de surveillance et de déclaration.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : Des méthodes de référence et des lignes directrices sur la déclaration ont été élaborées. Les rapports des installations sont vérifiés par Environnement Canada.

Hatch Associates Ltd., Guide de déclaration des rejets par le secteur de la fusion des métaux communs, préparé pour Environnement Canada, octobre 2001.

Environnement Canada, Méthode de référence : mesure des rejets de particules de sources fixes, rapport SPE 1/RM/8, décembre 1993.

Recommandation 5 – Collaboration fédérale-provinciale : Élaborer une approche coordonnée qui prévient le double emploi dans l'application de mesures écologiques pour le secteur.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : L'approche du gouvernement fédéral consistait à fixer des objectifs de réduction, mais pas à réglementer l'application des mesures écologiques de manière à éviter le double emploi et à réduire le fardeau réglementaire. Des ententes sur la performance ont été établies conformément au Système de gestion de la qualité de l'air, une approche collaborative des gouvernements fédéral et provinciaux.

Recommandation 8 – Recherche-développement : Entreprendre en collaboration des programmes de recherche scientifique en vue de caractériser les rejets des fonderies, de valider des modèles prévisionnels, d'étudier les comportements et les effets environnementaux et de trouver et mettre au point des possibilités et des techniques de prévention de la pollution.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : Lors de la préparation du code de pratiques pour le secteur, le gouvernement a commandé plusieurs rapports afin de recueillir de l'information et d'aider à l'élaboration de normes environnementales, de pratiques exemplaires et de possibilités et techniques de prévention de la pollution. De plus, Environnement Canada a tenu deux ateliers publics nationaux sur le rendement du secteur des métaux communs et la conception de normes de rendement environnemental pour le secteur.

Dans les ententes sur la performance élaborées, les installations ont accepté :

- de participer à un groupe de travail comprenant des représentants des gouvernements fédéral et provinciaux, d'autres entreprises du secteur des métaux communs et de l'Association minière du Canada, qui se penche particulièrement sur les rejets de certains métaux et de matières particulaires fines ainsi que sur les émissions fugitives de matières particulaires;
- de participer à des discussions bilatérales avec Environnement et Changement climatique Canada afin de parler des rapports et des résultats et de déterminer les méthodes possibles pour réduire davantage les émissions;
- de présenter des rapports d'étape sur la mise en œuvre des recommandations applicables du code de pratiques.

Le groupe de travail tient des activités chaque année, comme des réunions régulières et des discussions bilatérales, et continuera de le faire.

Recommandation 10 – Examen public : Lancer en l’an 2001 un mécanisme d’examen public en vue de l’évaluation des progrès et de l’efficacité de l’application des recommandations du ROS. Dans cette évaluation, on devrait s’attacher à la gestion des substances LCPE rejetées par les fonderies de métaux communs et ainsi juger si d’autres mesures s’imposent.

Mise en œuvre :Non

Commentaires : Aucun examen public n’a été entrepris pour évaluer l’application du ROS, mais des examens des instruments de gestion des risques ont été faits et publiés en ligne.

Fabrication de l’acier

Recommandation 4 – Rejets métalliques dans l’atmosphère : Réduire les émissions de métaux toxiques par l’adoption d’ici décembre 1998 d’un code de pratique CCME présentant des directives relatives aux émissions; des pratiques normalisées de mesure, de surveillance et de déclaration des émissions; des pratiques optimales de gestion qui permettront de constamment améliorer la conception, le fonctionnement et l’entretien de systèmes de dépollution atmosphérique. Il est en outre recommandé que l’on établisse des objectifs et des délais spécifiques aux sources pour deux établissements.

Mise en œuvre :Oui

Commentaires : Les codes de pratiques des aciéries intégrées et non intégrées ont été publiés en 2000 et présentaient des directives et des objectifs relatifs aux émissions.

Recommandation 5 – Effluents métalliques dans l’eau : Réduire les rejets dans l’eau de métaux toxiques dans les aciéries non intégrées par l’élaboration et l’adoption d’ici décembre 1998 d’un code de pratique CCME présentant des directives relatives aux effluents; des pratiques normalisées de mesure, de surveillance et de déclaration des effluents; et des pratiques optimales de gestion qui permettront de constamment améliorer la conception, le fonctionnement et l’entretien des systèmes de dépollution de l’eau. Aucune recommandation ne visait les effluents d’eaux usées des aciéries intégrées puisqu’il était attendu que ces installations appliquent déjà les meilleures technologies et pratiques disponibles de contrôle des rejets de métaux avant 1998.

Mise en œuvre :Oui

Les codes de pratiques des aciéries intégrées et non intégrées ont été publiés en 2000 et présentaient des directives et des objectifs relatifs aux effluents.

Recommandation 7 – Émissions des établissements de frittage : Élaborer un programme volontaire renforcé pour réduire les émissions de dioxines, de furanes, d’arsenic, de cadmium, de plomb et de mercure de l’établissement de frittage de l’Algoma avant décembre 1997. Ce programme fixerait des objectifs et des délais de réduction des émissions de ces substances et devrait être conforme à la Politique de gestion des substances toxiques. Il est en outre recommandé qu’on réalise un programme de gestion des émissions à l’établissement de frittage Stelco Hilton Works et que les résultats soient soumis au gouvernement de l’Ontario et à Environnement Canada.

Mise en œuvre :Non

Commentaires : Les Standards pancanadiens relatifs aux dioxines et aux furannes – Usines de frittage du fer ont été publiés en 2003. L'usine de frittage de fer a fermé au milieu des années 2000, et aucune autre mesure n'a été mise en œuvre.

Recommandation 10 – Plans de prévention de la pollution : Dresser et appliquer des plans de prévention de la pollution dans les installations du secteur de la fabrication de l'acier.

Mise en œuvre : Oui

Commentaires : Les codes de pratiques recommandaient l'exécution de plans de prévention de la pollution par les installations. Par la suite, en 2017, un avis de planification de la prévention de la pollution est entré en vigueur.

Recommandation 12 – Examen ministériel : Présenter d'ici mars 1999 aux ministres de l'Environnement et de la Santé un rapport élaboré par le gouvernement du Canada sur les progrès et l'efficacité de l'application des recommandations et des programmes provinciaux en cause de gestion des substances toxiques pour que des mesures de réglementation ou d'autres mesures non réglementaires soient prises selon le cas.

Mise en œuvre : Non

Commentaires : Aucun rapport sur les progrès et l'efficacité de l'application des recommandations et des programmes provinciaux en cause n'a été élaboré. Cependant, le rapport commandé par Environnement Canada et produit par Stratos inc. en 2003 comprend des renseignements sur les programmes provinciaux de gestion des substances toxiques et la mise en œuvre de ceux-ci ainsi que sur l'application des codes de pratiques pour les aciéries intégrées et non intégrées.

Annexe 2 – Renseignements supplémentaires sur le cadmium dans l'environnement

Échantillonnage passif de l'air

On utilise un petit disque en mousse de polyuréthane enfermé entre deux bols pour échantillonner l'air ambiant sur une période de deux mois ou plus. Cette conception capte les matières particulaires d'une taille inférieure à 10 μm , la plupart ayant une taille inférieure à 2,5 μm (Markovic et al., 2015). On analyse les matières particulaires recueillies et on peut faire des estimations pour déterminer la concentration moyenne de cadmium dans l'air au cours de la période. Bien que cette technique soit utilisée depuis plusieurs années pour mesurer les contaminants organiques dans l'air, son efficacité relativement à des métaux traces comme le cadmium n'a été que récemment démontrée (Gaga et al., 2019). Ce type d'échantillonnage offre plusieurs avantages par rapport aux méthodes classiques en ce qui concerne le coût, l'entretien et la facilité d'utilisation, et ne nécessite ni électricité ni infrastructure. Toutefois, l'échantillonnage passif est semi-quantitatif, et les échantillons à intégration temporelle ne permettent pas d'examiner les données recueillies lors d'un jour ou d'un moment précis.

Gaga et al. (2019) ont installé des dispositifs d'échantillonnage passifs à six endroits de la région du Grand Toronto au printemps 2017. Les résultats sont présentés dans le diagramme à barres ci-dessous, où l'on voit la masse de cadmium capté par gramme de mousse de polyuréthane. En général, les concentrations les plus élevées ont été obtenues au site situé près des bureaux du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs (MECP) de l'Ontario, qui est influencé par les émissions du trafic autoroutier (autoroutes 401 et 400) et représente un endroit où les taux de transit automobile quotidiens figurent parmi les plus élevés en Amérique du Nord. Les deuxièmes concentrations les plus élevées ont été obtenues aux sites de Kennedy (KE) et de Downsview (DV), qui sont modérément touchés par les émissions provenant du trafic ou de sources industrielles et résidentielles locales. Venait ensuite le site de Burlington (BUR), qui se trouve à quelques kilomètres d'émissions industrielles et de trafic autoroutier. Les concentrations ambiantes de cadmium étaient les plus faibles à deux sites résidentiels de North York (NY) et North Toronto (NT). À ces deux sites, les émissions devraient provenir de sources résidentielles et du trafic local. Les concentrations atmosphériques correspondantes (non précisées dans Gaga et al. [2019]), estimées à l'aide du taux d'échantillonnage générique des échantillonneurs atmosphériques passifs (4 m^3/jour), sont de 0,55 (MECP), 0,36 (KE), 0,20 (DV), 0,13 (BU), 0,06 (NY) et 0,05 (NT) ng/m^3 (figure A2-1).

En 2019, des chercheurs d'Environnement et Changement climatique Canada ont mesuré les métaux traces à six sites visés par le programme du Réseau mondial d'échantillonnage atmosphérique passif (EAP) du Ministère. Ces sites se trouvent à Toronto (Ontario), Alert (Nunavut), Whistler (Colombie-Britannique), Fraserdale (Ontario), Ucluelet (Colombie-Britannique) et Longwoods (Ontario). Outre le site urbain de Toronto et le site rural de Longwoods, les sites sont représentatifs de régions de référence éloignées.

Les échantillons atmosphériques recueillis de façon passive pendant une année complète du programme d'EAP (c'est-à-dire des échantillons à intégration temporelle sur un an représentant environ 1 500 m^3 d'air) indiquent que la ville de Longwoods (Ontario) présentait la concentration la

plus élevée (0,373 ng/m³), suivie par Toronto (Ontario) (0,129 ng/m³), Whistler (Colombie-Britannique) (0,006 ng/m³), Ucluelet (Colombie-Britannique) (0,005 ng/m³) et Fraserdale (Ontario) (0,005 ng/m³). Le site de Longwoods se trouve en milieu rural et est entouré d'activités forestières et agricoles. Malheureusement, l'échantillon d'Alert (Nunavut) semble avoir été contaminé et n'a pas pu être pris en compte dans cette analyse. Les échantillonneurs passifs montrent une grande différence entre les concentrations des sites de référence et celles des zones urbaines et rurales.

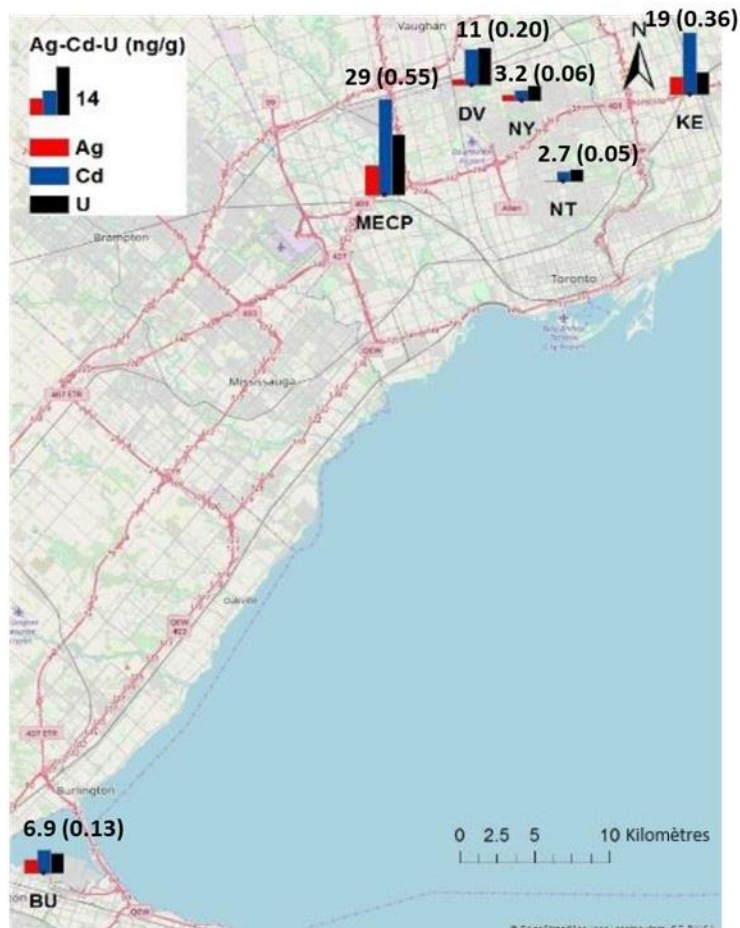


Figure A2-1. Concentrations atmosphériques d'éléments traces d'après des échantillonneurs passifs placés dans la région du Grand Toronto, tirées de Gaga et al. (2019).

Surveillance de la qualité de l'eau douce

Tableau A2-1. Dépassements des recommandations calculées pour la qualité de l'environnement aux stations de surveillance de la qualité de l'eau douce selon la classification des ICDE et les régions de drainage de Pearse.

Code du site	Nombre d'échantillons	Nombre de dépassements	Pourcentage de dépassements	Classification des ICDE	Région de drainage de Pearse
MA05OB0001	143	13	9,09	Agriculture	Assiniboine-Rouge
MA05OC0001	429	24	5,59	Agriculture	Assiniboine-Rouge
SA05JM0014	160	0	0,00	Agriculture	Assiniboine-Rouge
SA05MD0002	181	1	0,55	Agriculture	Assiniboine-Rouge
US05NF0001	109	0	0,00	Agriculture	Assiniboine-Rouge
AL06AD0001	169	3	1,78	Agriculture	Churchill
SA06AF0001	117	2	1,71	Référence	Churchill
SA06EA0003	42	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Churchill
BC08ND0003	242	2	0,83	Référence	Columbia
BC08NE0001	682	2	0,29	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Columbia
BC08NE0029	163	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Columbia
BC08NF0001	258	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Columbia
BC08NH0005	277	3	1,08	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Columbia
BC08NK0003	324	11	3,40	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Columbia
BC08NN0021	254	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Columbia
BC08KA0007	313	0	0,00	Référence	Fraser-Basses-terres
BC08KE0010	372	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Fraser-Basses-terres
BC08LE0004	356	10	2,81	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Fraser-Basses-terres
BC08LF0001	280	4	1,43	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Fraser-Basses-terres
BC08MC0001	357	44	12,32	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Fraser-Basses-terres

BC08MF0001	322	35	10,87	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Fraser–Basses-terres
BC08MH002 7	408	0	0,00	Peuplé	Fraser–Basses-terres
NW07OB000 2	50	4	8,00	Référence	Bas Mackenzie
NW10ED000 1	68	17	25,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Bas Mackenzie
NW10ED000 2	76	18	23,68	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Bas Mackenzie
NW10FB0006	69	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Bas Mackenzie
NW10JC0001	33	2	6,06	Référence	Bas Mackenzie
NW10KA000 1	67	18	26,87	Référence	Bas Mackenzie
NW10LA0003	64	15	23,44	Référence	Bas Mackenzie
YT10AA0001	185	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Bas Mackenzie
MA05KH0001	160	0	0,00	Agriculture	Bas Saskatchewan– Nelson
SA05KH0002	162	1	0,62	Agriculture	Bas Saskatchewan– Nelson
SA05LC0001	126	2	1,59	Agriculture	Bas Saskatchewan– Nelson
NS01DC0001	110	0	0,00	Peuplé	Côte des provinces maritimes
NS01DC0203	69	1	1,45	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte des provinces maritimes
NS01DD0016	101	0	0,00	Peuplé	Côte des provinces maritimes
NS01DL0009	15	2	13,33	Référence	Côte des provinces maritimes
NS01DR0001	56	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte des provinces maritimes
NS01EA0001	55	8	14,55	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte des provinces maritimes
NS01EC0005	57	1	1,75	Référence	Côte des provinces maritimes
NS01ED0005	268	1	0,37	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte des provinces maritimes
NS01ED9111	15	0	0,00	Référence	Côte des provinces maritimes
NS01EF0002	56	1	1,79	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte des provinces maritimes
NS01EJ0001	102	0	0,00	Peuplé	Côte des provinces maritimes

NS01EJ0157	111	0	0,00	Peuplé	Côte des provinces maritimes
NS01EO0001	56	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Côte des provinces maritimes
NS01FB0001	57	1	1,75	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Côte des provinces maritimes
NS01FC0004	56	5	8,93	Référence	Côte des provinces maritimes
PE01CB0143	42	0	0,00	Agriculture	Côte des provinces maritimes
NF02XA0001	53	3	5,66	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YE0005	66	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YG0001	73	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YJ0004	104	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Terre-Neuve–Labrador
NF02YL0012	79	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YM0003	45	3	6,67	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Terre-Neuve–Labrador
NF02YM0004	47	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YN0001	65	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YO0107	69	44	63,77	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Terre-Neuve–Labrador
NF02YO0121	58	1	1,72	Peuplé	Terre-Neuve–Labrador
NF02YQ0006	39	2	5,13	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Terre-Neuve–Labrador
NF02YQ0030	84	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation minière	Terre-Neuve–Labrador
NF02YR0001	38	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02YS0011	64	1	1,56	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02ZK0005	85	1	1,18	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02ZL0029	70	0	0,00	Référence	Terre-Neuve–Labrador
NF02ZM0009	73	1	1,37	Peuplé	Terre-Neuve–Labrador
NF02ZM0178	95	4	4,21	Peuplé	Terre-Neuve–Labrador
NF02ZM0181	100	3	3,00	Peuplé	Terre-Neuve–Labrador
NF03NF0013	52	6	11,54	Référence	Terre-Neuve–Labrador

NF03OC0012	54	6	11,11	Référence	Terre-Neuve– Labrador
NF03OE0001	56	4	7,14	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Terre-Neuve– Labrador
NF03OE0030	64	5	7,81	Référence	Terre-Neuve– Labrador
NF03PB0025	56	6	10,71	Référence	Terre-Neuve– Labrador
NF03QC0001	46	6	13,04	Référence	Terre-Neuve– Labrador
AL05DA0001	177	0	0,00	Référence	Saskatchewan Nord
AL05EF0003	180	15	8,33	Agriculture	Saskatchewan Nord
BC08NL0005	403	8	1,99	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Okanagan– Similkameen
BC08NM0001	203	0	0,00	Peuplé	Okanagan– Similkameen
QU02LB9001	157	6	3,82	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Des Outaouais
AK08DC0001	285	139	48,77	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte du Pacifique
BC08EF0001	323	14	4,33	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte du Pacifique
BC08GA0010	361	1	0,28	Référence	Côte du Pacifique
BC08HA0018	379	1	0,26	Peuplé	Côte du Pacifique
BC08HB0019	389	3	0,77	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte du Pacifique
BC08HD0004	421	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Côte du Pacifique
AL07AA0015	58	0	0,00	Référence	Paix–Athabasca
AL07AA0023	61	0	0,00	Référence	Paix–Athabasca
AL05AK0001	177	14	7,91	Agriculture	Saskatchewan Sud
AL05BA0011	172	0	0,00	Référence	Saskatchewan Sud
AL05BE0013	175	0	0,00	Référence	Saskatchewan Sud
AL05CK0001	179	26	14,53	Peuplé	Saskatchewan Sud
QU02NG3020	111	3	2,70	Référence	Saint-Laurent
QU02OB9004	132	10	7,58	Peuplé	Saint-Laurent
QU02OD9009	132	13	9,85	Peuplé	Saint-Laurent
QU02PH9024	156	3	1,92	Peuplé	Saint-Laurent
MA05PF0022	90	0	0,00	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Winnipeg
YT09AB0008	155	1	0,65	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Yukon

YT09DD0008	150	125	83,33	Référence	Yukon
YT09EA0001	139	7	5,04	Pressions mixtes foresterie/exploitation miniére	Yukon

Poissons

Tableau A2-2. Concentrations de cadmium (mg/kg de poids humide) dans des poissons entiers de sites canadiens, d'ouest en est (2010 à 2018). Les sites de surveillance actuels sont en gras.

Plans d'eau	Station	Espèces	Concentration moyenne de cadmium (mg/kg)	Concentration minimale de cadmium (mg/kg)	Concentration maximale de cadmium (mg/kg)	Écart-type
Fleuve Columbia, Colombie-Britannique	s/o	Truite arc-en-ciel	0,0393	0,0116	0,0778	0,0191
Fleuve Columbia, Colombie-Britannique	s/o	Doré jaune	0,0237	0,0012	0,0574	0,0108
Lac Frederick, Colombie-Britannique	s/o	Truite fardée	0,0220	0,0106	0,0576	0,0106
Lac Frederick, Colombie-Britannique	s/o	Dolly Varden	0,0328	0,0187	0,0564	0,0154
Lac Frederick, Colombie-Britannique	s/o	Chabot piquant	0,0619	s/o	s/o	s/o
Lac Frederick, Colombie-Britannique	s/o	Espèce de chabot	0,0712	s/o	s/o	s/o
Lac Frederick, Colombie-Britannique	s/o	Épinoche à trois épines	0,0775	s/o	s/o	s/o
Lac Salsbury, Colombie-Britannique	s/o	Truite arc-en-ciel	0,0668	0,0282	0,3480	0,0716
Lac Kusawa, Yukon	s/o	Touladi	0,0184	0,0065	0,0781	0,0116
Lac Kusawa, Yukon	s/o	Ménomini rond	0,0368	0,0213	0,0632	0,0114
Grand lac de l'Ours, Territoires du Nord-Ouest	s/o	Touladi	0,0052	0,0017	0,0190	0,0040
Lac Buffalo, Alberta	s/o	Grand brochet	0,0011	0,0004	0,0017	0,0004

Plans d'eau	Station	Espèces	Concentration moyenne de cadmium (mg/kg)	Concentration minimale de cadmium (mg/kg)	Concentration maximale de cadmium (mg/kg)	Écart-type
Lac Buffalo, Alberta	s/o	Meunier noir	0,0014	0,0009	0,0019	0,0007
Lac Cold, Alberta	s/o	Touladi	0,0023	0,0007	0,0313	0,0047
Réservoir Forestburg, Alberta	s/o	Grand brochet	0,0020	0,0014	0,0027	0,0006
Réservoir Forestburg, Alberta	s/o	Meunier noir	0,0030	0,0019	0,0046	0,0010
Lac Athabasca, Alberta	s/o	Touladi	0,0054	0,0011	0,0277	0,0047
Lac Athabasca, Alberta	Est	Touladi	0,0020	0,0011	0,0060	0,0008
Lac Athabasca, Alberta	Ouest	Touladi	0,0087	0,0036	0,0277	0,0046
Réservoir Boundary, Saskatchewan	s/o	Meunier noir	0,0091	0,0040	0,0193	0,0048
Réservoir Boundary, Saskatchewan	s/o	Perchaude	0,0040	0,0034	0,0051	0,0010
Lac Granite, Saskatchewan	s/o	Meunier noir	0,0326	0,0139	0,0694	0,0176
Lac Diefenbaker, Saskatchewan	s/o	Doré jaune	0,0041	0,0009	0,0080	0,0014
Lac La Loche, Saskatchewan	s/o	Grand corégone	0,0031	0,0011	0,0091	0,0023
Lac Reindeer, Saskatchewan	s/o	Touladi	0,0022	0,0012	0,0043	0,0007
Lac Phantom, Manitoba	s/o	Grand corégone	0,1100	0,0410	0,2480	0,0604
Lac Phantom, Manitoba	s/o	Grand brochet	0,0157	0,0063	0,0472	0,0116
Lac Phantom, Manitoba	s/o	Ménomini rond	0,0554	0,0079	0,1170	0,0329
Lac Winnipeg, Manitoba	Bassin nord	Doré jaune	0,0040	0,0025	0,0061	0,0010
Lac Winnipeg, Manitoba	Bassin sud	Grand corégone	0,0096	0,0089	0,0103	0,0010
Lac Winnipeg, Manitoba	Bassin sud	Doré noir	0,0041	0,0026	0,0068	0,0012
Lac Winnipeg, Manitoba	Bassin sud	Doré jaune	0,0062	0,0035	0,0172	0,0023
Lac Winnange, Ontario	s/o	Cisco	0,0150	0,0096	0,0185	0,0027

Plans d'eau	Station	Espèces	Concentration moyenne de cadmium (mg/kg)	Concentration minimale de cadmium (mg/kg)	Concentration maximale de cadmium (mg/kg)	Écart-type
Lac Winnange, Ontario	s/o	Touladi	0,0108	0,0060	0,0212	0,0043
Lac Érié, Ontario	Est du lac	Touladi	0,0096	0,0042	0,0278	0,0042
Lac Érié, Ontario	Est du lac	Éperlan arc-en-ciel	0,0458	0,0203	0,0658	0,0135
Lac Érié, Ontario	Ouest du lac	Méné émeraude	0,0781	0,0509	0,1260	0,0267
Lac Érié, Ontario	Ouest du lac	Éperlan arc-en-ciel	0,0449	0,0168	0,0829	0,0196
Lac Érié, Ontario	Ouest du lac	Gobie à taches noires	0,0732	s/o	s/o	s/o
Lac Érié, Ontario	Ouest du lac	Omisco	0,1036	0,0891	0,1180	0,0204
Lac Érié, Ontario	Ouest du lac	Doré jaune	0,0254	0,0094	0,1010	0,0154
Lac Érié, Ontario	Ouest du lac	Perchaude	0,0569	0,0432	0,0859	0,0130
Lac Huron, Ontario	Goderich	Bonite	0,0686	0,0187	0,1370	0,0414
Lac Huron, Ontario	Goderich	Chabot de profondeur	0,0247	0,0203	0,0295	0,0027
Lac Huron, Ontario	Goderich	Touladi	0,0092	0,0021	0,0332	0,0059
Lac Huron, Ontario	Goderich	Éperlan arc-en-ciel	0,0203	0,0141	0,0301	0,0050
Lac Huron, Ontario	Goderich	Gobie à taches noires	0,0326	0,0311	0,0341	0,0021
Lac Huron, Ontario	Chenal nord	Touladi	0,0072	0,0033	0,0450	0,0056
Lac Huron, Ontario	Chenal nord	Éperlan arc-en-ciel	0,0456	0,0206	0,0611	0,0108
Lac Huron, Ontario	Owen Sound	Chabot de profondeur	0,0470	0,0370	0,0611	0,0118
Lac Huron, Ontario	Owen Sound	Touladi	0,0091	0,0028	0,0280	0,0059
Lac Huron, Ontario	Owen Sound	Éperlan arc-en-ciel	0,0437	0,0283	0,0639	0,0123
Lac Ontario, Ontario	Bassin central	Gaspereau	0,0548	0,0438	0,0740	0,0118
Lac Ontario, Ontario	Bassin central	Touladi	0,0063	0,0016	0,0353	0,0046

Plans d'eau	Station	Espèces	Concentration moyenne de cadmium (mg/kg)	Concentration minimale de cadmium (mg/kg)	Concentration maximale de cadmium (mg/kg)	Écart-type
Lac Ontario, Ontario	Bassin central	Éperlan arc-en-ciel	0,0176	0,0089	0,0252	0,0052
Lac Ontario, Ontario	Bassin central	Chabot visqueux	0,0598	0,0433	0,0727	0,0135
Lac Ontario, Ontario	Bassin oriental	Touladi	0,0051	0,0017	0,0119	0,0023
Lac Ontario, Ontario	Bassin oriental	Éperlan arc-en-ciel	0,0159	0,0096	0,0263	0,0048
Lac Ontario, Ontario	Bassin oriental	Gobie à taches noires	0,0327	0,0272	0,0381	0,0039
Lac Ontario, Ontario	Niagara-on-the-Lake	Gaspereau	0,0602	0,0470	0,0693	0,0091
Lac Ontario, Ontario	Niagara-on-the-Lake	Touladi	0,0053	0,0015	0,0118	0,0024
Lac Ontario, Ontario	Niagara-on-the-Lake	Éperlan arc-en-ciel	0,0173	0,0061	0,1240	0,0234
Lac Ontario, Ontario	Niagara-on-the-Lake	Gobie à taches noires	0,0139	0,0083	0,0226	0,0040
Lac Ontario, Ontario	Port Credit	Touladi	0,0051	0,0012	0,0111	0,0019
Lac Ontario, Ontario	Port Credit	Éperlan arc-en-ciel	0,0177	0,0070	0,0330	0,0090
Lac Ontario, Ontario	Port Credit	Chabot visqueux	0,0717	0,0522	0,0847	0,0172
Lac Supérieur, Ontario	Marathon	Chabot de profondeur	0,0625	0,0542	0,0690	0,0061
Lac Supérieur, Ontario	Marathon	Touladi	0,0215	0,0031	0,0697	0,0172
Lac Supérieur, Ontario	Marathon	Ménomini pygmée	0,1310	s/o	s/o	s/o
Lac Supérieur, Ontario	Marathon	Éperlan arc-en-ciel	0,0397	0,0121	0,0528	0,0143
Lac Supérieur, Ontario	Thunder Bay	Bonite	0,0379	0,0270	0,0599	0,0128
Lac Supérieur, Ontario	Thunder Bay	Chabot de profondeur	0,0282	0,0225	0,0345	0,0047

Plans d'eau	Station	Espèces	Concentration moyenne de cadmium (mg/kg)	Concentration minimale de cadmium (mg/kg)	Concentration maximale de cadmium (mg/kg)	Écart-type
Lac Supérieur, Ontario	Thunder Bay	Touladi	0,0146	0,0068	0,0555	0,0080
Lac Supérieur, Ontario	Thunder Bay	Éperlan arc-en-ciel	0,0636	0,0359	0,0974	0,0178
Lac Supérieur, Ontario	Whitefish	Cisco	0,1620	s/o	s/o	s/o
Lac Supérieur, Ontario	Whitefish	Chabot de profondeur	0,0945	0,0710	0,1270	0,0240
Lac Supérieur, Ontario	Whitefish	Touladi	0,0216	0,0084	0,0583	0,0112
Lac Supérieur, Ontario	Whitefish	Éperlan arc-en-ciel	0,0824	0,0107	0,1260	0,0253
Lac Édouard, Québec	s/o	Ombre de fontaine	0,0412	0,0122	0,0794	0,0181
Lac Édouard, Québec	s/o	Barbotte	0,0605	0,0284	0,1200	0,0235
Lac Édouard, Québec	s/o	Méné à nageoires rouges	0,0405	0,0315	0,0478	0,0060
Lac Édouard, Québec	s/o	Méné de lac	0,1420	s/o	s/o	s/o
Lac Édouard, Québec	s/o	Cyprinidés	0,0189	s/o	s/o	s/o
Lac Édouard, Québec	s/o	Touladi	0,0460	0,0165	0,0822	0,0147
Lac Édouard, Québec	s/o	Mulet perlé	0,0632			
Lac Édouard, Québec	s/o	Éperlan arc-en-ciel	0,0504	0,0466	0,0541	0,0053
Lac Édouard, Québec	s/o	Espèce de méné	0,0984	0,0702	0,1280	0,0236
Lac Memphrémagog, Québec	s/o	Touladi	0,0014	0,0005	0,0027	0,0008
Lac Ouescapis, Québec	s/o	Méné émeraude	0,0556	0,0488	0,0668	0,0089
Fleuve Saint-Laurent, Québec	Cap-Santé	Doré jaune	0,0060	0,0026	0,0140	0,0027
Fleuve Saint-Laurent, Québec	Cap-Santé	Perchaude	0,0052	0,0025	0,0106	0,0031
Fleuve Saint-Laurent, Québec	Saint-Nicolas	Doré jaune	0,0144	0,0010	0,4080	0,0656

Plans d'eau	Station	Espèces	Concentration moyenne de cadmium (mg/kg)	Concentration minimale de cadmium (mg/kg)	Concentration maximale de cadmium (mg/kg)	Écart-type
Cours inférieur de la rivière Salmon, Nouveau-Brunswick	s/o	Brochet maillé	0,0060	0,0031	0,0117	0,0023
Cours inférieur de la rivière Salmon, Nouveau-Brunswick	s/o	Méné de lac	0,0150	0,0107	0,0210	0,0038
Cours inférieur de la rivière Salmon, Nouveau-Brunswick	s/o	Baret	0,0875	0,0391	0,1600	0,0470
Cours inférieur de la rivière Salmon, Nouveau-Brunswick	s/o	Perchaude	0,0303	0,0236	0,0357	0,0055
Lac Kejimikujik, Nouvelle-Écosse	s/o	Ombre de fontaine	0,0341	0,0159	0,0647	0,0110
Lac Kejimikujik, Nouvelle-Écosse	s/o	Espèce de méné	0,1077	0,1030	0,1110	0,0042
Lac Kejimikujik, Nouvelle-Écosse	s/o	Baret	0,0656	0,0336	0,1630	0,0293
Lac Kejimikujik, Nouvelle-Écosse	s/o	Perchaude	0,0378	0,0130	0,0960	0,0225
Lac Loon, Nouvelle-Écosse	s/o	Ombre de fontaine	0,0324	0,0266	0,0415	0,0080
Lac Champlain, New York	s/o	Touladi	0,0014	0,0008	0,0020	0,0004

Tableau A2-3. Tendances des charges corporelles de cadmium chez des poissons des Grands Lacs, par lac.

Lac	Station	Espèce	Années	Équation	R ²	p
Lac Supérieur	Thunder Bay	Touladi	2007-2018	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = 64,42 - 0,034 * \text{an}$	0,23	0,34
Lac Supérieur	Thunder Bay	Éperlan arc-en-ciel	1983-2018	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = -24,59 + 0,011 * \text{an}$	0,23	0,09
Lac Supérieur	Baie Whitefish	Touladi	2008-2018	$\text{Cd touladi} = -0,046 + 0,00003 * \text{an}$	0,01	0,75
Lac Supérieur	Baie Whitefish	Éperlan arc-en-ciel	1983-2018	$\text{Cd éperlan} = -1,59 + 0,0008 * \text{an}$	0,15	0,12
Lac Huron	Chenal nord	Éperlan arc-en-ciel	1991-2018	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 113,50 - 0,058 * \text{an}$	0,58	0,003
Lac Huron	Baie Georgienne	Éperlan arc-en-ciel	1979-2017	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 23,84 - 0,013 * \text{an}$	0,20	0,15
Lac Huron	Goderich	Touladi	2001-2018	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = 206,02 - 0,105 * \text{an}$	0,63	0,003

Lac Huron	Goderich	Éperlan arc-en-ciel	1991-2018	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 102,88 - 0,053 * \text{an}$	0,65	0,0002
Lac Huron	Goderich	Chabot de profondeur	1988-2018	$\text{Cd chabot} = 1,04 - 0,0005 * \text{an}$	0,16	0,21
Lac Érié	Ouest du lac	Doré jaune	2009-2016	$\text{Cd doré} = -2,49 + 0,001 * \text{an}$	0,36	0,12
Lac Érié	Ouest du lac	Éperlan arc-en-ciel	1978-2014	$\text{Cd éperlan} = 2,43 - 0,0012 * \text{an}$	0,30	0,05
Lac Érié	Est du lac	Touladi	2006-2014	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = 129,68 - 0,067 * \text{an}$	0,57	0,018
Lac Érié	Est du lac	Éperlan arc-en-ciel	1978-1999	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = -32,26 + 0,015 * \text{an}$	0,25	0,12
Lac Érié	Est du lac	Éperlan arc-en-ciel	2006-2013	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 118,56 - 0,060 * \text{an}$	0,26	0,01
Lac Ontario	Niagara-on-the-Lake	Touladi	2006-2018	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = 71,25 - 0,038 * \text{an}$	0,21	0,13
Lac Ontario	Niagara-on-the-Lake	Éperlan arc-en-ciel	1978-2018	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 34,88 - 0,019 * \text{an}$	0,26	0,007
Lac Ontario	Ouest du lac	Touladi	2006-2018	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = -48,05 + 0,021 * \text{an}$	0,10	0,33
Lac Ontario	Ouest du lac	Éperlan arc-en-ciel	1978-2018	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 23,26 - 0,013 * \text{an}$	0,10	0,11
Lac Ontario	Centre du lac	Touladi	2006-2018	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = 36,15 - 0,021 * \text{an}$	0,09	0,40
Lac Ontario	Centre du lac	Éperlan arc-en-ciel	1978-2018	$\text{Log}(\text{Cd éperlan}) = 31,91 - 0,018 * \text{an}$	0,24	0,02
Lac Ontario	Centre du lac	Gaspereau	1985-2017	$\text{Log}(\text{Cd gaspareau}) = -55,61 + 0,026 * \text{an}$	0,20	0,13
Lac Ontario	Centre du lac	Chabot visqueux	1982-2018	$\text{Log}(\text{Cd chabot}) = -5,17 + 0,001 * \text{an}$	0,001	0,89
Lac Ontario	Est du lac	Touladi	2006-2015	$\text{Log}(\text{Cd touladi}) = 62,10 - 0,033 * \text{an}$	0,24	0,15
Lac Ontario	Est du lac	Éperlan arc-en-ciel	1978-2012	$\text{Cd éperlan} = 1,28 - 0,0006 * \text{an}$	0,56	< 0,001
Lac Ontario	Est du lac	Chabot visqueux	1978-2006	$\text{Log}(\text{Cd chabot}) = 130,01 - 0,067 * \text{an}$	0,73	< 0,001

Espèces sauvages

Tableau A2-4. Métadonnées des concentrations de cadmium publiées utilisées dans le présent rapport. Le numéro de référence correspond à la liste des références qui suit le tableau A2-6, le type de moyenne se rapporte à la méthode de calcul fondée sur les valeurs de poids sec (p.s.) ou de poids humide (p.h.), « S/O » signifie que l'information était indisponible, et « n » indique le nombre d'échantillons.

Espèce	Lieu	Années de collecte	Tissu	Sexe	Concentration moyenne de cadmium en ppm (type de moyenne)	Conversion en poids sec Valeur (ppm)	n	Numéro de référence
--------	------	--------------------	-------	------	---	--------------------------------------	---	---------------------

Phoque du Groenland	Pangnirtung, Nunavut	1999	Foie	S/O	24,60 (géométrique, p.s.)	S/O	18	1
Phoque du Groenland	Pangnirtung, Nunavut	1999	Reins	S/O	89,90 (géométrique, p.s.)	S/O	18	1
Lièvre arctique	Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest	2016	Foie	S/O	0,49 (arithmétique, p.h.)	1,96	10	2
Lièvre arctique	Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest	2016	Reins	S/O	10,80 (arithmétique, p.h.)	43,20	10	2
Lièvre arctique	Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest	2016	Foie	S/O	0,20 (arithmétique, p.h.)	0,80	10	2
Lièvre arctique	Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest	2016	Reins	S/O	2,98 (arithmétique, p.h.)	11,92	10	2
Lièvre arctique	Arctic Bay, Nunavut	S/O	Foie	S/O	0,58 (arithmétique, p.h.)	2,32	7	3
Lièvre arctique	Arctic Bay, Nunavut	S/O	Reins	S/O	0,78 (arithmétique, p.h.)	3,10	3	3
Lièvre arctique	Arctic Bay, Nunavut	S/O	Foie	S/O	0,01 (arithmétique, p.h.)	0,04	3	3
Lièvre arctique	Arctic Bay, Nunavut	S/O	Reins	S/O	0,02 (arithmétique, p.h.)	0,06	2	3
Petit fuligule	Erickson, Manitoba	2000	Foie	F	1,11 (géométrique, p.s.)	S/O	20	4
Goéland à bec cerclé	Montréal, Québec	2011, 2012, 2016	Foie	M	2,27 (arithmétique, p.s.)	S/O	45	5
Goéland à bec cerclé	Montréal, Québec	2011, 2012, 2016	Foie	F	2,66 (arithmétique, p.s.)	S/O	42	5
Phoque annelé	Sachs Harbour, Territoires du Nord-Ouest	2007-2011	Foie	S/O	4,31 (arithmétique, p.h.)	14,96	9	6
Phoque annelé	Ulukhaktok, Nunavut	2010	Foie	S/O	6,24 (arithmétique, p.h.)	21,65	16	6
Phoque annelé	Gjoa Haven, Nunavut	2008-2009	Foie	S/O	1,97 (arithmétique, p.h.)	6,84	9	6
Phoque annelé	Resolute, Nunavut	2007-2011	Foie	S/O	6,91 (arithmétique, p.h.)	23,98	33	6
Phoque annelé	Arviat, Nunavut	2007-2011	Foie	S/O	21,50 (arithmétique, p.h.)	74,61	66	6
Phoque annelé	Inukjuak, Québec	2007	Foie	S/O	13,10 (arithmétique, p.h.)	45,46	5	6
Phoque annelé	Arctic Bay, Nunavut	2009	Foie	S/O	4,86 (arithmétique, p.h.)	16,86	9	6
Phoque annelé	Grise Fjord, Nunavut	2008	Foie	S/O	6,76 (arithmétique, p.h.)	23,46	7	6

Phoque annelé	Pond Inlet, Nunavut	2009	Foie	S/O	9,06 (arithmétique, p.h.)	31,44	4	6
Phoque annelé	Fjord Nachvak, Terre-Neuve-et-Labrador	2008-2009	Foie	S/O	17,60 (arithmétique, p.h.)	61,07	19	6
Phoque annelé	Baie Anaktalak, Terre-Neuve-et-Labrador	2008	Foie	S/O	14,30 (arithmétique, p.h.)	49,62	4	6
Phoque annelé	Sachs Harbour, Territoires du Nord-Ouest	2007-2011	Foie	S/O	2,37 (arithmétique, p.h.)	8,22	31	6
Phoque annelé	Ulukhaktok, Nunavut	2010	Foie	S/O	5,61 (arithmétique, p.h.)	19,47	4	6
Phoque annelé	Gjoa Haven, Nunavut	2008-2009	Foie	S/O	3,10 (arithmétique, p.h.)	10,76	12	6
Phoque annelé	Resolute, Nunavut	2007-2011	Foie	S/O	3,89 (arithmétique, p.h.)	13,50	61	6
Phoque annelé	Arviat, Nunavut	2007-2011	Foie	S/O	13,80 (arithmétique, p.h.)	47,89	58	6
Phoque annelé	Inukjuak, Québec	2007	Foie	S/O	13,80 (arithmétique, p.h.)	47,89	13	6
Phoque annelé	Arctic Bay, Nunavut	2009	Foie	S/O	2,75 (arithmétique, p.h.)	9,54	9	6
Phoque annelé	Grise Fjord, Nunavut	2008	Foie	S/O	3,25 (arithmétique, p.h.)	11,28	13	6
Phoque annelé	Pond Inlet, Nunavut	2009	Foie	S/O	4,11 (arithmétique, p.h.)	14,26	12	6
Phoque annelé	Pangnirtung, Nunavut	2011	Foie	S/O	7,38 (arithmétique, p.h.)	25,61	14	6
Phoque annelé	Fjord Nachvak, Terre-Neuve-et-Labrador	2008-2011	Foie	S/O	8,64 (arithmétique, p.h.)	29,98	6	6
Phoque annelé	Baie Anaktalak, Terre-Neuve-et-Labrador	2008-2009	Foie	S/O	2,76 (arithmétique, p.h.)	9,58	7	6
Mergule nain	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	5,78 (arithmétique, p.h.)	19,42	9	7
Mouette tridactyle	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	8,62 (arithmétique, p.h.)	28,96	10	7
Guillemot à miroir	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	6,82 (arithmétique, p.h.)	22,92	10	7
Guillemot de Brünnich	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	12,84 (arithmétique, p.h.)	43,14	10	7
Mouette blanche	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	4,95 (arithmétique, p.h.)	16,63	2	7
Fulmar boréal	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	21,84 (arithmétique, p.h.)	73,38	10	7

Goéland bourgmestre	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	4,80 (arithmétique, p.h.)	16,13	9	7
Goéland de Thayer	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	1,77 (p.h.)	5,95	1	7
Phoque annelé	Baie de Baffin, Nunavut	1998	Foie	S/O	6,16 (arithmétique, p.h.)	21,38	9	7
Phoque annelé	Holman, Nunavut	2001	Foie	S/O	6,65 (arithmétique, p.h.)	23,08	25	8
Phoque annelé	Holman, Nunavut	2001	Reins	S/O	30,44 (arithmétique, p.h.)	138,50	25	8
Macreuse à front blanc	Côte sud, Colombie-Britannique	1998-2001	Reins	S/O	17,84 (géométrie, p.s.)	S/O	72	9
Vison	Divers, Yukon	2001-2003	Reins	S/O	0,22 (arithmétique, p.h.)	0,88	39	10
Castor	Delta du Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest	1998-2001	Foie	S/O	10,00 (arithmétique, p.s.)	S/O	S/O	11
Castor	Delta du Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest	1998-2001	Reins	S/O	55,00 (arithmétique, p.s.)	S/O	S/O	11
Castor	Delta de la rivière des Esclaves, Territoires du Nord-Ouest	1998-2001	Foie	S/O	6,60 (arithmétique, p.s.)	S/O	S/O	11
Orignal	Divers, Yukon	1994-2001	Reins	S/O	28,11 (arithmétique, p.h.)	85,18	384	12
Orignal	Divers, Yukon	1994-1995	Foie	S/O	4,94 (arithmétique, p.h.)	22,25	56	12
Caribou de la toundra	Harde de l'île de Baffin, Nunavut	1991-2016	Reins	M	16,90 (géométrie, p.s.)	S/O	16	13
Caribou de la toundra	Harde de Bathurst, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	1991-2016	Reins	M	10,10 (géométrie, p.s.)	S/O	35	13
Caribou de la toundra	Harde de Beverly, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut, Saskatchewan	1991-2016	Reins	M	27,10 (géométrie, p.s.)	S/O	16	13
Caribou de la toundra	Harde Bluenose-est, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	1991-2016	Reins	M	22,80 (géométrie, p.s.)	S/O	22	13
Caribou de la toundra	Harde du cap Bathurst, Territoires du Nord-Ouest	1991-2016	Reins	M	31,50 (géométrie, p.s.)	S/O	11	13
Caribou de la toundra	Harde de la Porcupine, Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Alberta	1991-2016	Reins	M	25,90 (géométrie, p.s.)	S/O	260	13
Caribou de la toundra	Harde de Qamanirjuaq, Nunavut, Manitoba, Saskatchewan	1991-2016	Reins	M	12,40 (géométrie, p.s.)	S/O	61	13
Caribou de la toundra	Harde de l'île de Baffin, Nunavut	1991-2016	Reins	F	20,40 (géométrie, p.s.)	S/O	27	13
Caribou de la toundra	Harde de Bathurst, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	1991-2016	Reins	F	24,80 (géométrie, p.s.)	S/O	73	13

Caribou de la toundra	Harde de Beverly, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut, Saskatchewan	1991-2016	Reins	F	39,80 (géométrique, p.s.)	S/O	51	13
Caribou de la toundra	Harde Bluenose-est, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	1991-2016	Reins	F	51,80 (géométrique, p.s.)	S/O	16	13
Caribou de la toundra	Harde de la Porcupine, Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Alberta	1991-2016	Reins	F	39,10 (géométrique, p.s.)	S/O	249	13
Caribou de la toundra	Harde de Qamanirjuaq, Nunavut, Manitoba, Saskatchewan	1991-2016	Reins	F	21,70 (géométrique, p.s.)	S/O	69	13
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2012	Foie	S/O	0,02 (arithmétique, p.h.)	0,06	15	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2012	Foie	S/O	0,01 (arithmétique, p.h.)	0,02	23	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2013	Foie	S/O	0,04 (arithmétique, p.h.)	0,13	25	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2013	Foie	S/O	0,02 (arithmétique, p.h.)	0,06	27	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2012	Reins	S/O	0,02 (arithmétique, p.h.)	0,10	16	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2012	Reins	S/O	0,01 (arithmétique, p.h.)	0,03	20	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2013	Reins	S/O	0,05 (arithmétique, p.h.)	0,23	25	14
Oisillon d'hirondelle bicolore	Fort McMurray, Alberta	2013	Reins	S/O	0,03 (arithmétique, p.h.)	0,13	28	14
Renard arctique	Arviat, Nunavut	2001	Reins	S/O	1,08 (arithmétique, p.h.)	4,32	50	15
Carcajou	Kugluktuk, Nunavut	1998-1999	Reins	S/O	0,67 (arithmétique, p.h.)	2,68	12	15
Renard arctique	Ulukhaktok, Territoires du Nord-Ouest	2000	Foie	S/O	0,21 (arithmétique, p.h.)	0,84	6	15
Renard arctique	Arviat, Nunavut	2001	Foie	S/O	0,18 (arithmétique, p.h.)	0,72	36	15
Carcajou	Kugluktuk, Nunavut	1998-1999	Foie	S/O	0,10 (arithmétique, p.h.)	0,40	7	15
Loup gris	Divers, Territoires du Nord-Ouest	2005-2008	Reins	M	0,84 (arithmétique, p.h.)	3,36	17	16
Loup gris	Divers, Territoires du Nord-Ouest	2005-2008	Reins	F	0,91 (arithmétique, p.h.)	3,64	19	16
Orignal	Divers, Colombie-Britannique	2001	Foie	S/O	2,31 (arithmétique, p.h.)	10,41	17	17

Original	Divers, Colombie-Britannique	2001	Reins	S/O	7,59 (arithmétique, p.h.)	23,00	6	17
Cerf de Vigrigine	Divers, Colombie-Britannique	2008-2009	Foie	S/O	0,18 (arithmétique, p.h.)	0,81	3	18
Original	Divers, Colombie-Britannique	2008-2009	Reins	S/O	14,10 (arithmétique, p.h.)	42,73	5	18
Original	Divers, Colombie-Britannique	2008-2009	Foie	S/O	2,85 (arithmétique, p.h.)	12,84	7	18
Original	Secteur sud des monts Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest	2012-2013	Reins	S/O	48,30 (arithmétique, p.h.)	146,36	32	19
Caribou de montagne	Secteur sud des monts Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest	2012-2013	Reins	S/O	13,90 (arithmétique, p.h.)	42,12	26	19
Mouflon de Dall	Secteur sud des monts Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest	2012-2013	Reins	S/O	2,53 (arithmétique, p.h.)	7,67	59	19
Chèvre de montagne	Secteur sud des monts Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest	2012-2013	Reins	S/O	5,78 (arithmétique, p.h.)	17,52	13	19
Eider à duvet	Baie de la Table, Terre-Neuve-et-Labrador	2008	Foie	F	39,64 (arithmétique, p.s.)	S/O	10	20
Eider à duvet	Baie East, Nunavut	2008	Foie	F	49,63 (arithmétique, p.s.)	S/O	10	20
Eider à duvet	Île Tern, Nunavut	2008	Foie	F	44,73 (arithmétique, p.s.)	S/O	10	20
Goéland à bec cerclé	Qikiqtarjuaq, Nunavut	2001	Foie	S/O	7,30 (géométrie, p.s.)	S/O	8	21
Eider à duvet	Qikiqtarjuaq, Nunavut	2001	Foie	S/O	10,80 (géométrie, p.s.)	S/O	8	21
Fulmar boréal	Qikiqtarjuaq, Nunavut	2001	Foie	S/O	5,80 (géométrie, p.s.)	S/O	2	21
Goéland bourgmestre	Qikiqtarjuaq, Nunavut	2001	Foie	S/O	25,00 (p.s.)	S/O	1	21
Phoque annelé	Qikiqtarjuaq, Nunavut	2001	Foie	S/O	26,60 (géométrie, p.s.)	S/O	2	21
Vison	Île Walpole/rivière Sainte-Claire, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,21 (arithmétique, p.s.)	S/O	10	22
Vison	Lac Sainte-Claire, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,23 (arithmétique, p.s.)	S/O	4	22
Vison	Rivière Detroit, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,58 (arithmétique, p.s.)	S/O	13	22
Vison	Ouest du lac Érié, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,25 (arithmétique, p.s.)	S/O	18	22

Vison	Pointe Long, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,09 (arithmétique, p.s.)	S/O	6	22
Vison	Est du lac Érié, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,93 (arithmétique, p.s.)	S/O	11	22
Vison	Intérieur des terres, lac Érié, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,48 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	22
Vison	Rivière Niagara, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,32 (arithmétique, p.s.)	S/O	14	22
Vison	Havre Hamilton, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,20 (arithmétique, p.s.)	S/O	6	22
Vison	Baie de Quinte, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,15 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	22
Vison	Kingston, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,15 (arithmétique, p.s.)	S/O	5	22
Vison	Cornwall, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,17 (arithmétique, p.s.)	S/O	23	22
Vison	Intérieur des terres, lac Ontario, Ontario	1998-2006	Foie	S/O	0,16 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	22
Orignal	Janvier, Alberta	2012	Reins	F	16,22 (arithmétique, p.h.)	49,14	13	23
Orignal	Janvier, Alberta	2012	Foie	F	3,54 (arithmétique, p.h.)	15,94	13	23
Orignal	Janvier, Alberta	2012	Reins	M	7,68 (arithmétique, p.h.)	23,28	13	23
Orignal	Janvier, Alberta	2012	Foie	M	1,63 (arithmétique, p.h.)	7,32	13	23
Orignal	Kinuso, Alberta	2014	Reins	F	20,38 (arithmétique, p.h.)	61,74	4	23
Orignal	Kinuso, Alberta	2014	Foie	F	2,14 (arithmétique, p.h.)	9,65	3	23
Orignal	Kinuso, Alberta	2014	Reins	M	7,14 (arithmétique, p.h.)	21,64	10	23
Orignal	Kinuso, Alberta	2014	Foie	M	1,59 (arithmétique, p.h.)	7,15	10	23
Orignal	Cold Lake, Alberta	2016	Reins	F	3,44 (arithmétique, p.h.)	10,42	3	23
Orignal	Cold Lake, Alberta	2016	Foie	F	0,82 (arithmétique, p.h.)	3,67	3	23
Orignal	Cold Lake, Alberta	2016	Reins	M	5,10 (arithmétique, p.h.)	15,45	6	23
Orignal	Cold Lake, Alberta	2016	Foie	M	0,94 (arithmétique, p.h.)	4,22	6	23

Rat musqué	Sudbury, Ontario	S/O	Foie	S/O	0,44 (arithmétique, p.s.)	S/O	23	24
Rat musqué	Sudbury, Ontario	S/O	Reins	S/O	1,81 (arithmétique, p.s.)	S/O	23	24
Rat musqué	North Bay, Ontario	S/O	Foie	S/O	0,25 (arithmétique, p.s.)	S/O	10	24
Rat musqué	North Bay, Ontario	S/O	Reins	S/O	0,88 (arithmétique, p.s.)	S/O	10	24
Lièvre arctique	Rivière Dubawnt, Nunavut	2003	Foie	S/O	4,58 (arithmétique, p.s.)	S/O	9	25
Lièvre arctique	Rivière Dubawnt, Nunavut	2003	Reins	S/O	106,60 (arithmétique, p.s.)	S/O	9	25
Lièvre arctique	Rivière Dubawnt, Nunavut	2003	Foie	S/O	0,20 (arithmétique, p.s.)	S/O	7	25
Lièvre arctique	Rivière Dubawnt, Nunavut	2003	Reins	S/O	1,73 (arithmétique, p.s.)	S/O	7	25
Petit fuligule	Yellowknife, Territoires du Nord- Ouest	2004- 2005	Reins	M	9,20 (géométrique, p.s.)	S/O	39	26
Cerf de Virginie	Divers, Nouvelle- Écosse	2000- 2002	Foie	S/O	1,10 (géométrique, p.s.)	S/O	54	27
Orignal	Divers, Nouvelle- Écosse	2000- 2002	Foie	S/O	5,80 (géométrique, p.s.)	S/O	48	27
Orignal	Divers, Nouvelle- Écosse	2000- 2002	Reins	S/O	60,40 (géométrique, p.s.)	S/O	21	27
Caribou	Sheshatshit et Utshimassit, Terre- Neuve-et-Labrador	2001	Reins	S/O	6,50 (géométrique, p.h.)	19,70	27	28
Sterne arctique	Île Nasaruaalik, Nunavut	2007	Foie	S/O	14,40 (géométrique, p.s.)	S/O	41	29
Guillemot à miroir	Baie de Baffin/détroit de Davis, Nunavut	2018	Foie	S/O	10,34 (arithmétique, p.s.)	S/O	28	30
Mouette tridactyle	Baie de Baffin/détroit de Davis, Nunavut	2018	Foie	S/O	16,07 (arithmétique, p.s.)	S/O	18	30
Fulmar boréal	Baie de Baffin/détroit de Davis, Nunavut	2018	Foie	S/O	15,13 (arithmétique, p.s.)	S/O	29	30
Guillemot de Brünnich	Baie de Baffin/détroit de Davis, Nunavut	2018	Foie	S/O	33,56 (arithmétique, p.s.)	S/O	29	30
Phoque annelé	Sachs Harbour, Territoire du Nord- Ouest	2001	Foie	S/O	2,73 (arithmétique, p.h.)	9,47	25	31
Phoque annelé	Holman, Nunavut	2001	Foie	S/O	6,07 (arithmétique, p.h.)	21,06	25	31
Phoque annelé	Arctic Bay, Nunavut	2000	Foie	S/O	5,97 (arithmétique, p.h.)	20,72	25	31

Phoque annelé	Grise Fjord, Nunavut	1998	Foie	S/O	6,73 (arithmétique, p.h.)	23,35	20	31
Phoque annelé	Pond Inlet, Nunavut	2000	Foie	S/O	12,50 (arithmétique, p.h.)	43,38	25	31
Phoque annelé	Sachs Harbour, Territoires du Nord- Ouest	2001	Reins	S/O	11,00 (arithmétique, p.h.)	50,05	24	31
Phoque annelé	Arctic Bay, Nunavut	2000	Reins	S/O	25,10 (arithmétique, p.h.)	114,21	25	31
Phoque annelé	Grise Fjord, Nunavut	1998	Reins	S/O	22,50 (arithmétique, p.h.)	102,38	20	31
Phoque annelé	Pond Inlet, Nunavut	2000	Reins	S/O	32,20 (arithmétique, p.h.)	146,51	23	31
Caribou	Rivière aux Feuilles, Québec	1994- 1996	Foie	S/O	1,18 (arithmétique, p.h.)	5,32	176	32
Caribou	Rivière aux Feuilles, Québec	1994- 1996	Reins	S/O	8,93 (arithmétique, p.h.)	27,06	177	32
Caribou	Rivière aux Feuilles, Québec	1994- 1996	Foie	S/O	1,16 (arithmétique, p.h.)	5,23	84	32
Caribou	Rivière aux Feuilles, Québec	1994- 1996	Reins	S/O	6,73 (arithmétique, p.h.)	20,39	86	32
Caribou	Rivière George, monts Torngat, Québec	1994- 1996	Foie	S/O	0,94 (arithmétique, p.h.)	4,23	28	32
Caribou	Rivière George, monts Torngat, Québec	1994- 1996	Reins	S/O	5,23 (arithmétique, p.h.)	15,85	27	32
Caribou	Rivière George, monts Torngat, Québec	1994- 1996	Foie	S/O	0,84 (arithmétique, p.h.)	3,78	19	32
Caribou	Rivière George, monts Torngat, Québec	1994- 1996	Reins	S/O	3,93 (arithmétique, p.h.)	11,91	19	32
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Reins	M	152,10 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Reins	F	123,20 (arithmétique, p.s.)	S/O	14	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Reins	S/O	133,70 (arithmétique, p.s.)	S/O	22	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Reins	M	213,90 (arithmétique, p.s.)	S/O	12	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Reins	F	225,80 (arithmétique, p.s.)	S/O	13	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Reins	S/O	220,10 (arithmétique, p.s.)	S/O	25	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997- 1998	Foie	M	19,10 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33

Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	F	20,50 (arithmétique, p.s.)	S/O	14	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	S/O	20,00 (arithmétique, p.s.)	S/O	22	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	M	32,70 (arithmétique, p.s.)	S/O	12	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	F	29,20 (arithmétique, p.s.)	S/O	13	33
Lagopède des saules	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	S/O	30,90 (arithmétique, p.s.)	S/O	25	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Reins	M	25,60 (arithmétique, p.s.)	S/O	9	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Reins	F	34,40 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Reins	S/O	29,70 (arithmétique, p.s.)	S/O	17	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Reins	M	58,80 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Reins	F	120,00 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Reins	S/O	89,40 (arithmétique, p.s.)	S/O	16	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	M	5,58 (arithmétique, p.s.)	S/O	9	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	F	4,10 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	S/O	4,90 (arithmétique, p.s.)	S/O	17	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	M	7,90 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	F	9,20 (arithmétique, p.s.)	S/O	8	33
Lagopède alpin	Kuujjuaq, Québec	1997-1998	Foie	S/O	8,50 (arithmétique, p.s.)	S/O	16	33
Souris sylvestre	Athabasca, Alberta	2014	Reins	S/O	0,08 (géométrie, p.h.)	0,30	17	34
Souris sylvestre	Athabasca, Alberta	2014	Reins	S/O	0,04 (géométrie, p.h.)	0,15	10	34
Campagnol des prés	Athabasca, Alberta	2014	Reins	S/O	0,10 (géométrie, p.h.)	0,38	4	34
Campagnol des prés	Athabasca, Alberta	2014	Reins	S/O	0,03 (géométrie, p.h.)	0,13	9	34

Ours blanc	Mer de Beaufort, Territoires du Nord-Ouest, Yukon	2007	Foie	S/O	0,59 (géométrique, p.h.)	1,87	38	35
Ours blanc	Détroit de Lancaster/détroit de Jones, Nunavut	2007-2008	Foie	S/O	0,49 (géométrique, p.h.)	1,54	13	35
Ours blanc	Baie de Baffin, Nunavut	2007-2008	Foie	S/O	0,91 (géométrique, p.h.)	2,87	14	35
Ours blanc	Détroit de Davis, Nunavut	2008	Foie	S/O	0,82 (géométrique, p.h.)	2,60	8	35
Ours blanc	Est de l'île de Baffin, Nunavut	2002	Foie	S/O	0,62 (arithmétique, p.h.)	1,97	13	36
Ours blanc	Détroit de Lancaster, Nunavut	2002	Foie	S/O	0,87 (arithmétique, p.h.)	2,76	13	36
Ours blanc	Nord de l'île de Baffin, Nunavut	2002	Foie	S/O	1,02 (arithmétique, p.h.)	3,23	12	36
Ours blanc	Sud-est de la mer de Beaufort, Territoires du Nord-Ouest	2002	Foie	S/O	0,35 (arithmétique, p.h.)	1,11	11	36
Plongeon huard	Pointe Long, Ontario	2005	Foie	F	3,11 (géométrique, p.s.)	S/O	18	37
Plongeon huard	Pointe Long, Ontario	2005	Foie	F	1,36 (géométrique, p.s.)	S/O	11	37
Plongeon huard	Pointe Long, Ontario	2005	Foie	M	1,07 (géométrique, p.s.)	S/O	18	37
Plongeon huard	Pointe Long, Ontario	2005	Foie	M	0,94 (géométrique, p.s.)	S/O	6	37
Castor	Comté de Simcoe, Ontario	2014, 2017, 2018	Foie	S/O	2,90 (arithmétique, p.s.)	S/O	5	38
Castor	Comté de Simcoe, Ontario	2014, 2017, 2018	Reins	S/O	13,30 (arithmétique, p.s.)	S/O	5	38
Orignal	Wollaston, Saskatchewan	1995-2002	Foie	S/O	0,62 (géométrique, p.h.)	2,80	9	39
Orignal	Hudson Bay, Saskatchewan	1995-2002	Foie	S/O	1,00 (géométrique, p.h.)	4,52	9	39
Orignal	Meadow Lake, Saskatchewan	1995-2002	Foie	S/O	0,91 (géométrique, p.h.)	4,08	21	39
Phoque commun	Île Sandy, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Foie	S/O	0,15 (arithmétique, p.h.)	0,51	6	40
Phoque commun	Burgeo/Rose Blanche, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Foie	S/O	0,18 (arithmétique, p.h.)	0,62	3	40
Phoque commun	Baie de Plaisance, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Foie	S/O	9,60 (arithmétique, p.h.)	33,29	27	40
Phoque commun	Chance Cove/Renews, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Foie	S/O	1,60 (arithmétique, p.h.)	5,57	5	40

Phoque commun	St. Pauls, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Foie	S/O	0,63 (arithmétique, p.h.)	2,18	25	40
Phoque commun	Île Sandy, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Reins	S/O	0,34 (arithmétique, p.h.)	1,55	6	40
Phoque commun	Burgeo/Rose Blanche, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Reins	S/O	0,25 (arithmétique, p.h.)	1,14	3	40
Phoque commun	Baie de Plaisance, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Reins	S/O	20,25 (arithmétique, p.h.)	92,15	27	40
Phoque commun	Chance Cove/Renews, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Reins	S/O	6,82 (arithmétique, p.h.)	31,01	5	40
Phoque commun	St. Pauls, Terre-Neuve-et-Labrador	2001	Reins	S/O	1,56 (arithmétique, p.h.)	7,11	25	40
Fuligule milouinan	Havre Hamilton, Ontario	2006-2007	Foie	S/O	3,38 (arithmétique, p.s.)	S/O	S/O	41
Fuligule milouinan	Havre Hamilton, Ontario	2006-2007	Foie	S/O	1,25 (arithmétique, p.s.)	S/O	S/O	41

Tableau A2-5. Métadonnées des concentrations de cadmium non publiées utilisées dans le présent rapport (moyenne arithmétique [poids sec, sauf si poids humide (p.h.) est indiqué], « S/O » signifie que l'information est indisponible, « n » indique le nombre d'échantillons).

Espèce	Lieu	Années de collecte	Tissu	Sexe	Concentration moyenne de cadmium (ppm)	Conversion en poids sec Valeur (ppm)	n	Source
Eider à duvet	Chisasibi, Québec	2017	Foie	S/O	33,27	S/O	3	Chételat, J. (ECCC)
Eider à duvet	Inukjuak, Québec	2016	Foie	S/O	16,52	S/O	4	Chételat, J. (ECCC)
Eider à duvet	Kuujuaraapik, Québec	2014-2016	Foie	S/O	7,01	S/O	24	Chételat, J. (ECCC)
Eider à duvet	Sanikiluaq, Nunavut	2015-2016	Foie	S/O	17,26	S/O	16	Chételat, J. (ECCC)
Eider à duvet	Umiujaq, Québec	2015-2016	Foie	S/O	17,98	S/O	16	Chételat, J. (ECCC)
Macreuse à front blanc	Nord du Labrador, Terre-Neuve-et-Labrador	2005	Foie	S/O	2,47	S/O	11	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Macreuse à front blanc	Nord du Labrador, Terre-Neuve-et-Labrador	2005	Foie	S/O	1,18	S/O	9	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Macreuse à front blanc	Nord du Labrador, Terre-Neuve-et-Labrador	2005	Foie	S/O	1,89	S/O	20	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Sterne pierregarin	Belledune, Nouveau-Brunswick	2010	Foie	S/O	1,86	S/O	7	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Fulmar boréal	Île de Sable, Nouvelle-Écosse	2005	Foie	S/O	27,03	S/O	14	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Fulmar boréal	Île de Sable, Nouvelle-Écosse	2005	Foie	S/O	20,98	S/O	21	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Fulmar boréal	Île de Sable, Nouvelle-Écosse	2005	Foie	S/O	23,19	S/O	36	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Plongeon huard	Est du Canada, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard	1998-2001	Foie	S/O	6,66	S/O	39	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Macreuse noire	Rivière Restigouche, Nouveau-Brunswick	2004	Foie	M	4,79	S/O	11	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Harelde kakawi	Est du Canada, Terre-Neuve-et-Labrador, Nouvelle-Écosse	1999-2000	Foie	S/O	2,77	S/O	32	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Eider à duvet	Est du Canada, Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve-et-Labrador, Nouvelle-Écosse	1998-2000	Foie	S/O	5,56	S/O	52	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Macreuse noire	Divers, Nouvelle-Écosse	1999-2000	Foie	S/O	1,80	S/O	17	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Macreuse à front blanc	Divers, Nouvelle-Écosse	1999-2000	Foie	S/O	0,91	S/O	21	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Macreuse à ailes blanches	Divers, Nouvelle-Écosse	1999	Foie	S/O	2,73	S/O	9	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Garrot à œil d'or	Havre de Pictou, Nouvelle-Écosse	1999-2000	Foie	S/O	4,00	S/O	10	Eng, M., Burgess, N. (ECCC)
Eider à duvet	Sanikiluaq, Nunavut	1997	Reins	F	91,56	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à duvet	Sanikiluaq, Nunavut	1997	Foie	F	18,54	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à duvet	Île Southampton, Nunavut	1997-2000	Reins	S/O	139,98	S/O	73	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)

Eider à duvet	Île Southampton, Nunavut	1997-2000	Foie	S/O	11,05	S/O	13	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à duvet	Ulukhaktok, Nunavut	1997	Reins	F	121,38	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à duvet	Ulukhaktok, Nunavut	1997	Foie	F	16,51	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à tête grise	Ulukhaktok, Nunavut	1997	Reins	F	125,34	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à tête grise	Ulukhaktok, Nunavut	1997	Foie	F	24,71	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à tête grise	Île Southampton, Nunavut	1997	Reins	S/O	165,30	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Eider à tête grise	Île Southampton, Nunavut	1997	Foie	S/O	30,84	S/O	10	Gurney, K., Wayland, M. (ECCC)
Ours blanc	Ouest de la baie d'Hudson, Manitoba, Nunavut	2012, 2016	Foie	S/O	3,59	S/O	21	Letcher, R. (ECCC)
Ours blanc	Sud de la baie d'Hudson, Nunavut	2013, 2017	Foie	S/O	2,39	S/O	33	Letcher, R. (ECCC)
Béluga	Île Hendrickson, Territoires du Nord-Ouest	1994-1996, 2001-2003	Foie	S/O	2,42 (p.h.)	8,66	132	Loseto, L. (MPO)
Béluga	Île Hendrickson, Territoires du Nord-Ouest	1994-1996, 2001	Reins	S/O	9,81 (p.h.)	41,30	90	Loseto, L. (MPO)
Pékan	Nord de l'Alberta	2012-2015	Foie	S/O	0,43	S/O	63	Thomas, P. (ECCC)
Martre	Nord de l'Alberta	2012-2015	Foie	S/O	1,11	S/O	120	Thomas, P. (ECCC)
Vison	Nord de l'Alberta	2012-2018	Foie	S/O	0,19	S/O	67	Thomas, P. (ECCC)
Rat musqué	Nord de l'Alberta	2013-2017	Foie	S/O	0,10	S/O	32	Thomas, P. (ECCC)
Loutre	Nord de l'Alberta	2012-2018	Foie	S/O	0,05	S/O	157	Thomas, P. (ECCC)

Tableau A2-6. Facteurs de conversion du poids humide (p.h.) en poids sec (p.s.) pour les tissus mentionnés dans le présent rapport.

Type d'animaux	Tissu	Facteur de conversion du p.h. en p.s.	Référence
Oiseaux de mer	Foie	3,36	Dietz et al., 1996 ^a
Oiseaux de mer	Reins	4,02	Dietz et al., 1996 ^a
Phoques	Foie	3,47	Dietz et al., 1996 ^a
Phoques	Reins	4,55	Dietz et al., 1996 ^a
Baleines	Foie	3,57	Dietz et al., 1996 ^a
Baleines	Reins	4,21	Dietz et al., 1996 ^a
Ours blanc	Foie	3,17	Dietz et al., 1996 ^a
Mammifères terrestres sauf les ongulés	Foie	4,00	Eccles et al., 2017 ^b
Mammifères terrestres sauf les ongulés	Reins	4,00	Eccles et al., 2017 ^b
Ongulés	Foie	4,50	Gamberg et al., 2016 ^c
Ongulés	Reins	3,03	Gamberg et al., 2016 ^c
Oiseaux terrestres	Foie	3,06	Scanlon, P.F., 1982 ^d
Oiseaux terrestres	Reins	4,27	Scanlon, P.F., 1982 ^d

^a Dietz, R., Riget, F. and Johansen, P. (1996). Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals. *Science of the Total Environment*, 186(1-2), 67-93. (disponible en anglais seulement)

^b Eccles, K. M., Thomas, P. J. and Chan, H. M. (2017). Predictive meta-regressions relating mercury tissue concentrations of freshwater piscivorous mammals. *Environmental toxicology and chemistry*, 36(9), 2377-2384. (disponible en anglais seulement)

^c Gamberg, M., Cuyler, C. and Wang, X. (2016). Contaminants in two West Greenland caribou populations. *Science of the Total Environment*, 554, 329-336. (disponible en anglais seulement)

^d Scanlon, P. F. (1982). Wet and dry weight relationships of mallard (*Anas platyrhynchos*) tissues. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 29(5), 615-617. (disponible en anglais seulement)

Références pour le tableau A2-4

- 1) Agusa, T., Nomura, K., Kunito, T., Anan, Y., Iwata, H., & Tanabe, S. (2011). Accumulation of trace elements in harp seals (*Phoca groenlandica*) from Pangnirtung in the Baffin Island, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 63(5–12), 489–499. (disponible en anglais seulement)
- 2) Amuno, S., Jamwal, A., Grahn, B., & Niyogi, S. (2018). Chronic arsenicosis and cadmium exposure in wild snowshoe hares (*Lepus americanus*) breeding near Yellowknife, Northwest Territories (Canada), part 1: Evaluation of oxidative stress, antioxidant activities and hepatic damage. *Science of the Total Environment*, 618, 916–926. (disponible en anglais seulement)
- 3) Amuno, S., Niyogi, S., Amuno, M., & Attitaq, J. (2016). Heavy metal bioaccumulation and histopathological alterations in wild Arctic hares (*Lepus arcticus*) inhabiting a former lead-zinc mine in the Canadian high Arctic: A preliminary study. *Science of the Total Environment*, 556, 252–263. (disponible en anglais seulement)
- 4) Anteau, M. J., Afton, A. D., Custer, C. M., & Custer, T. W. (2007). Relationships of cadmium, mercury, and selenium with nutrient reserves of female lesser scaup (*Aythya affinis*) during winter and spring migration. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(3), 515–520. (disponible en anglais seulement)
- 5) Brown, L., Rosabal, M., Sorais, M., Poirier, A., Widory, D., & Verreault, J. (2019). Habitat use

- strategy influences the tissue signature of trace elements including rare earth elements in an urban-adapted omnivorous bird. *Environmental Research*, 168, 261–269. (disponible en anglais seulement)
- 6) Brown, T. M., Fisk, A. T., Wang, X., Ferguson, S. H., Young, B. G., Reimer, K. J., & Muir, D. C. G. (2016). Mercury and cadmium in ringed seals in the Canadian Arctic: Influence of location and diet. *Science of the Total Environment*, 545–546, 503–511. (disponible en anglais seulement)
 - 7) Campbell, L. M., Norstrom, R. J., Hobson, K. A., Muir, D. C. G., Backus, S., & Fisk, A. T. (2005). Mercury and other trace elements in a pelagic Arctic marine food web (Northwater Polynya, Baffin Bay). *Science of the Total Environment*, 351–352, 247–263. (disponible en anglais seulement)
 - 8) Dehn, L. A., Sheffield, G. G., Follmann, E. H., Duffy, L. K., Thomas, D. L., Bratton, G. R., ... O'Hara, T. M. (2005). Trace elements in tissues of phocid seals harvested in the Alaskan and Canadian Arctic: Influence of age and feeding ecology. *Canadian Journal of Zoology*, 83(5), 726–746. (disponible en anglais seulement)
 - 9) Elliott, J. E., Harris, M. L., Wilson, L. K., Smith, B. D., Batchelor, S. P., & Maguire, J. (2007). Butyltins, trace metals and morphological variables in surf scoter (*Melanitta perspicillata*) wintering on the south coast of British Columbia, Canada. *Environmental Pollution*, 149(1), 114–124. (disponible en anglais seulement)
 - 10) Gamberg, M., Boila, G., Stern, G., & Roach, P. (2005). Cadmium, mercury and selenium concentrations in mink (*Mustela vison*) from Yukon, Canada. *Science of the Total Environment*, 351–352, 523–529. (disponible en anglais seulement)
 - 11) Gamberg, M., Braune, B., Davey, E., Elkin, B., Hoekstra, P. F., Kennedy, D., ... Zeeb, B. (2005). Spatial and temporal trends of contaminants in terrestrial biota from the Canadian Arctic. *Science of the Total Environment*, 351–352, 148–164. (disponible en anglais seulement)
 - 12) Gamberg, M., Palmer, M., & Roach, P. (2005). Temporal and geographic trends in trace element concentrations in moose from Yukon, Canada. *Science of the Total Environment*, 351–352, 530–538. (disponible en anglais seulement)
 - 13) Gamberg, M., Pratte, I., Brammer, J., Cuyler, C., Elkin, B., Gurney, K., ... Provencher, J. F. (2020). Renal trace elements in barren-ground caribou subpopulations: Temporal trends and differing effects of sex, age and season. *Science of the Total Environment*, 724. (disponible en anglais seulement)
 - 14) Godwin, C. M., Smits, J. E. G., & Barclay, R. M. R. (2016). Metals and metalloids in nestling tree swallows and their dietary items near oilsands mine operations in Northern Alberta. *Science of the Total Environment*, 562, 714–723. (disponible en anglais seulement)
 - 15) Hoekstra, P. F., Braune, B. M., Elkin, B., Armstrong, F. A. J., & Muir, D. C. G. (2003). Concentrations of selected essential and non-essential elements in arctic fox (*Alopex lagopus*) and wolverines (*Gulo gulo*) from the Canadian Arctic. *Science of the Total Environment*, 309(1–3), 81–92. (disponible en anglais seulement)
 - 16) Hoffmann, S. R., Blunck, S. A., Petersen, K. N., Jones, E. M., Koval, J. C., Misek, R., ... Harper, R. G. (2010). Cadmium, copper, iron, and zinc concentrations in kidneys of grey wolves, *Canis lupus*, from Alaska, Idaho, Montana (USA) and the Northwest Territories (Canada). *Bulletin of*

- Environmental Contamination and Toxicology*, 85(5), 481–485. (disponible en anglais seulement)
- 17) Jin, A., & Joseph-Quinn, K. M. (2004). Consumption guideline for cadmium in moose meat in northern British Columbia, Canada. *International Journal of Circumpolar Health*, 63 Suppl 2, 169–173. (disponible en anglais seulement)
 - 18) Laird, B. D., & Chan, H. M. (2013). Bioaccessibility of metals in fish, shellfish, wild game, and seaweed harvested in British Columbia, Canada. *Food and Chemical Toxicology*, 58, 381–387. (disponible en anglais seulement)
 - 19) Larter, N. C., Macdonald, C. R., Elkin, B. T., Wang, X., Harms, N. J., Gamberg, M., & Muir, D. C. G. (2016). Cadmium and other elements in tissues from four ungulate species from the Mackenzie Mountain region of the Northwest Territories, Canada. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132, 9–17. (disponible en anglais seulement)
 - 20) Mallory, M. L., Braune, B. M., Robertson, G. J., Gilchrist, H. G., Mallory, C. D., Forbes, M. R., & Wells, R. (2014). Increasing cadmium and zinc levels in wild common eiders breeding along Canada's remote northern coastline. *Science of the Total Environment*, 476–477, 73–78. (disponible en anglais seulement)
 - 21) Mallory, M. L., Wayland, M., Braune, B. M., Drouillard, K. G. (2004). Trace elements in marine birds, arctic hare and ringed seals breeding near Qikiqtarjuaq, Nunavut, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 135–141. (disponible en anglais seulement)
 - 22) Martin, P. A., McDaniel, T. V., Hughes, K. D., & Hunter, B. (2011). Mercury and other heavy metals in free-ranging mink of the lower Great Lakes basin, Canada, 1998–2006. *Ecotoxicology*, 20(7), 1701–1712. (disponible en anglais seulement)
 - 23) McAuley, C., Dersch, A., Mouille-Malbeuf, S., Koppe, B., & Sowan, D. (2018). Cadmium tissue concentrations in kidney, liver and muscle in moose (*Alces alces*) from First Nations Communities in northern Alberta. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2. (disponible en anglais seulement)
 - 24) Parker, G. H. (2004). Tissue metal levels in Muskrat (*Ondatra zibethica*) collected near the Sudbury (Ontario) ore-smelters; prospects for biomonitoring marsh pollution. *Environmental Pollution*, 129(1), 23–30. (disponible en anglais seulement)
 - 25) Pedersen, S., & Lierhagen, S. (2006). Heavy metal accumulation in Arctic hares (*Lepus arcticus*) in Nunavut, Canada. *Science of the Total Environment*, 368(2–3), 951–955. (disponible en anglais seulement)
 - 26) Pollock, B., & Machin, K. L. (2008). Effects of cadmium, mercury, and selenium on reproductive indices in male lesser scaup (*Aythya affinis*) in the western boreal forest. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 54(4), 730–739. (disponible en anglais seulement)
 - 27) Pollock, B., Roger, E. (2007). Trace elements status of moose and white-tailed deer in Nova Scotia. *Alces*, 43, 61–77. (disponible en anglais seulement)
 - 28) Pollock, B., Penashue, B., McBurney, S., Vanleeuwen, J., Daoust, P.Y., Burgess, N. M. and Tasker, A. R. (2009). Liver parasites and body condition in relation to environmental contaminants in

- caribou (*Rangifer tarandus*) from Labrador, Canada. *Arctic*, 62, 1-12. (disponible en anglais seulement)
- 29) Provencher, J. F., Braune, B. M., Gilchrist, H. G., Forbes, M. R., & Mallory, M. L. (2014). Trace element concentrations and gastrointestinal parasites of Arctic terns breeding in the Canadian High Arctic. *Science of the Total Environment*, 476–477, 308–316. (disponible en anglais seulement)
 - 30) Provencher, J. F., Thomas, P. J., Pauli, B., Braune, B. M., Franckowiak, R. P., Gendron, M., ... Mallory, M. L. (2020). Polycyclic aromatic compounds (PACs) and trace elements in four marine bird species from northern Canada in a region of natural marine oil and gas seeps. *Science of the Total Environment*, 744. (disponible en anglais seulement)
 - 31) Riget, F., Muir, D., Kwan, M., Savinova, T., Nyman, M., Woshner, V., & O'Hara, T. (2005). Circumpolar pattern of mercury and cadmium in ringed seals. *Science of the Total Environment*, 351–352, 312–322. (disponible en anglais seulement)
 - 32) Robillard, S., Beauchamp, G., Paillard, G., & Bélanger, D. (2002). Levels of cadmium, lead, mercury and ¹³⁷caesium in caribou (*Rangifer tarandus*) tissues from northern Québec *Arctic*, 1-9. (disponible en anglais seulement)
 - 33) Rodrigue, J., Champoux, L., Leclair, D., & Duchesne, J. F. (2007). Cadmium concentrations in tissues of willow ptarmigan (*Lagopus lagopus*) and rock ptarmigan (*Lagopus muta*) in Nunavik, Northern Québec. *Environmental Pollution*, 147(3), 642–647. (disponible en anglais seulement)
 - 34) Rodríguez-Estival, J., & Smits, J. E. G. (2016). Small mammals as sentinels of oil sands related contaminants and health effects in northeastern Alberta, Canada. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 285–295. (disponible en anglais seulement)
 - 35) Routti, H., Letcher, R. J., Born, E. W., Branigan, M., Dietz, R., Evans, T. J., ... Sonne, C. (2011). Spatial and temporal trends of selected trace elements in liver tissue from polar bears (*Ursus maritimus*) from Alaska, Canada and Greenland. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(8), 2260–2267. (disponible en anglais seulement)
 - 36) Rush, S. A., Borgå, K., Dietz, R., Born, E. W., Sonne, C., Evans, T., ... Fisk, A. T. (2008). Geographic distribution of selected elements in the livers of polar bears from Greenland, Canada and the United States. *Environmental Pollution*, 153(3), 618–626. (disponible en anglais seulement)
 - 37) Schummer, M. L., Petrie, S. A., Badzinski, S. S., Chen, Y. W., & Belzile, N. (2012). Hepatic concentrations of inorganic contaminants and their relationships with nutrient reserves in autumn-migrant common loons at Lake Erie. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62(4), 704–713. (disponible en anglais seulement)
 - 38) Shotyk, W., Bicalho, B., Dergousoff, M., Grant-Weaver, I., Hood, G., Lund, K., & Noernberg, T. (2019). A geochemical perspective on the natural abundance of trace elements in beaver (*Castor canadensis*) from a rural region of southern Ontario, Canada. *Science of the Total Environment*, 672, 40–50. (disponible en anglais seulement)
 - 39) Thomas, P., Irvine, J., Lyster, J., & Beaulieu, R. (2005). Radionuclides and trace metals in canadian moose near uranium mines: comparison of radiation doses and food chain transfer with cattle and caribou. *Health Physics*, 88(5), 423–438. (disponible en anglais seulement)

- 40) Veinott, G., & Sjare, B. (2006). Mercury, cadmium, selenium, and seven other elements in the muscle, renal, and hepatic tissue of harbor seals (*Phoca vitulina*) from Newfoundland and Labrador, Canada. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77(4), 597–607. (disponible en anglais seulement)
- 41) Ware, L. L., Petrie, S. A., Badzinski, S. S., & Bailey, R. C. (2011). Selenium concentrations in greater scaup and Dreissenid mussels during winter on western Lake Ontario. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(2), 292–299. (disponible en anglais seulement)

Annexe 3 – Initiatives fédérales de gestion des risques pertinentes pour l'évaluation

Fusion de métaux communs

Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affinerie de métaux communs

Description : Ce code décrit les activités opérationnelles de ce secteur industriel et les préoccupations environnementales qu'elles soulèvent, et formule des recommandations pour améliorer la performance environnementale. Les pratiques recommandées dans le code comprennent l'élaboration et la mise en œuvre de systèmes de gestion de l'environnement ainsi que la prévention et la réduction des émissions atmosphériques, des effluents d'eaux usées et des déchets. On propose aux nouveaux établissements d'utiliser ces pratiques recommandées à titre d'exigences, et aux établissements existants, de les utiliser à titre d'objectifs d'amélioration permanente.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : Selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire, l'INRP et l'IEPA la fusion de métaux communs est un contributeur important aux rejets de cadmium; le code de pratiques est lié à la table de concertation du Processus des options stratégiques concernant la fusion des métaux communs.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour le code de pratiques, mais des rapports ont été recueillis auprès de la plupart des installations depuis 2006 dans le cadre du plan de P2.

Entre 2006 et 2018, les 11 fonderies de métaux communs ont entièrement mis en œuvre plus de 80 % des recommandations applicables.

En 2021, les rapports soumis dans le cadre des ententes sur la performance indiquaient que les installations avaient entièrement mis en œuvre 95 % des recommandations applicables en moyenne, et que trois installations avaient mis en œuvre 100 % des recommandations applicables.

Plan de prévention de la pollution pour les fonderies et affineries de métaux communs et les usines de traitement du zinc

Description : Les fonderies et affineries de métaux communs et les usines de traitement du zinc doivent préparer et mettre en œuvre des plans de prévention de la pollution pour des substances toxiques indiquées. L'objectif était d'éviter ou de réduire au minimum la création et le rejet de polluants et de déchets ainsi que de réduire le risque global pour l'environnement ou la santé humaine.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : Selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire, l'INRP et l'IEPA la fusion de métaux communs est un contributeur important aux rejets de cadmium; le code de pratiques est lié à la table de concertation du Processus des options stratégiques concernant la fusion des métaux communs.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Oui

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : De 2005 à 2018, les émissions de cadmium ont diminué de 89 % (28 t), et les métaux en général ont baissé de 93 % depuis 1988, ce qui dépasse les recommandations du rapport sur les options stratégiques. Le rapport final sur le rendement de l'avis de planification de la P2 indique que sept installations ont réduit leurs émissions totales de métaux, mais que deux installations ont augmenté celles-ci par rapport aux niveaux de 2005.

Entente sur la performance pour les fonderies et affineries de métaux communs

Description : Des ententes ont été négociées entre Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) et 5 entreprises de fusion et affinage de métaux communs exploitant en tout 11 installations. Parmi les engagements, les entreprises participantes ont accepté de réduire davantage les émissions de métaux et de matières particulaires ainsi que de continuer à mettre en œuvre les recommandations applicables du Code de pratiques écologiques pour les fonderies et affineries de métaux communs

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire, l'INRP et l'IEPA, la fusion des métaux communs est un contributeur important aux rejets de cadmium; lien avec la table de concertation du Processus des options stratégiques concernant la fusion des métaux communs.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Les rapports montrent que les huit installations qui avaient comme date limite le 5 janvier 2018 ont atteint leurs cibles relatives à l'intensité des matières particulaires. Les rapports annuels pour l'année civile 2019 indiquent que les 11 installations ont atteint leurs cibles.

Les ententes sur la performance de 2018 sont en cours d'exécution. Les progrès réalisés en matière de réduction des émissions, y compris celles de métaux comme le cadmium, seront évalués à la fin des ententes, en 2025.

Fabrication de fer et d'acier

Code de pratiques écologiques pour les aciéries intégrées

Description : Ce code de pratiques recommande des pratiques exemplaires pour contrôler et réduire au minimum les rejets de certaines substances toxiques provenant des aciéries intégrées. Il recommande aussi des limites d'émissions atmosphériques et des lignes directrices relatives à la qualité des effluents.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : Lien avec le Processus des options stratégiques concernant la fabrication de l'acier; cible les matières particulaires et établit des lignes directrices pour le cadmium dans les effluents.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour le code de pratiques.

Les données des inventaires de rejets indiquent qu'il n'y a eu aucun changement des rejets de cadmium provenant de ce secteur.

Code de pratiques écologiques pour les aciéries non intégrées

Description : Le code présente de bonnes pratiques de protection de l'environnement pour les divers procédés et activités de production d'une aciérie non intégrée, en plaçant au sommet des priorités les questions entourant les émissions atmosphériques et les effluents d'eaux usées. Il tient aussi compte d'autres questions, notamment liées à plusieurs milieux, qui se rapportent à une approche exhaustive et axée sur le cycle de vie de la protection de l'environnement.

Son objectif général est d'énoncer les normes minimales de performance environnementale des nouvelles aciéries non intégrées et de fournir un ensemble d'objectifs de performance environnementale que les aciéries existantes peuvent s'efforcer d'atteindre par l'amélioration continue au fil du temps.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : Lien avec le Processus des options stratégiques concernant la fabrication de l'acier; cible les matières particulaires et établit des lignes directrices pour le cadmium dans les effluents

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour le code de pratiques. Les données des inventaires de rejets indiquent qu'il n'y a eu aucun changement des rejets de cadmium provenant de ce secteur.

Secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite : code de pratiques

Description : Ce code de pratiques recommande des pratiques exemplaires pour contrôler et limiter les émissions atmosphériques fugitives de matières particulaires totales et de composés organiques volatils provenant des installations du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : Lien avec le Processus des options stratégiques concernant la fabrication de l'acier; cible les matières particulaires provenant du secteur qui donnent lieu à la présence de cadmium dans l'air.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour le code de pratiques. Les données des inventaires de rejets indiquent qu'il n'y a eu aucun changement des rejets de cadmium provenant de cette industrie.

Secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite : avis de planification de la P2

Description : Atteindre et maintenir les objectifs relatifs aux émissions atmosphériques des EBEI et mettre en œuvre les pratiques exemplaires permettant de réduire les émissions fugitives de composés organiques volatils, lorsque cela est approprié et faisable.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Peu probable

Justification de l'inclusion : Bien que les matières particulaires ne soient pas explicitement ciblées dans l'avis, le code de pratiques est un facteur à prendre en compte lors de l'élaboration d'un plan de P2.

Une des installations mentionnées dans l'avis figure parmi les 20 plus gros émetteurs de cadmium (valeur médiane des rejets atmosphériques) depuis 2004 selon l'INRP. Le secteur du fer et de l'acier se trouve systématiquement parmi les huit principaux secteurs à l'origine des émissions de cadmium depuis 2002.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Les résultats préliminaires tirés du rapport provisoire devraient être disponibles en 2022. Les données des inventaires de rejets indiquent qu'il n'y a eu aucun changement des rejets de cadmium provenant de cette industrie.

Secteur des mines et des minéraux

Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants (Loi sur les pêches)

Description : Le REMMMD autorise le dépôt d'effluents dans des eaux où vivent des poissons. Tous les effluents doivent respecter les limites de concentration pour l'arsenic, le cuivre, le cyanure, le plomb, le nickel, le zinc, les matières en suspension, le radium 226 et l'ammoniac non ionisé. Ils doivent également avoir un pH situé à l'intérieur d'une plage définie et ne doivent pas présenter de létalité aiguë. Le REMMMD précise diverses exigences, comme la réalisation d'un échantillonnage des effluents, la présentation de rapports et la surveillance des effets sur l'environnement.

Application à un secteur préoccupant : Non

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : L'exploitation minière représente le troisième secteur en importance pour les rejets de cadmium dans l'eau (après les eaux usées et les pâtes et papiers) selon l'INRP. Les taux de rejets de cadmium dus à l'extraction de minerais non métalliques qui sont déclarés à l'INRP sont minimes.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Non

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Le REMMMD ne fixe pas de limites pour les rejets de cadmium, mais contrôle la toxicité au moyen d'essais de détermination de la létalité aiguë. De plus, les concentrations de cadmium sont inscrites dans les rapports de caractérisation des effluents. L'incertitude entourant les données de l'INRP relatives à l'exploitation minière découle du fait que les installations intégrées d'extraction et de transformation peuvent changer les codes qu'elles utilisent dans les déclarations d'une année à l'autre.

Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux

Description : Ce code décrit les activités opérationnelles de ce secteur industriel et les préoccupations environnementales qu'elles soulèvent. Il s'applique à tout le cycle de vie des mines, de l'exploration à la fermeture, et recommande des pratiques de gestion environnementale pour atténuer les préoccupations environnementales répertoriées. Les pratiques recommandées comprennent l'élaboration et l'utilisation d'outils de gestion environnementale, la gestion des eaux usées et des résidus miniers ainsi que la prévention et le contrôle des rejets au sol et dans l'air et l'eau.

Application à un secteur préoccupant : Non

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : D'après l'INRP, l'exploitation minière représente le deuxième secteur en importance pour les rejets totaux de cadmium depuis 2002 (sans compter les éliminations). En 2017, il se classait deuxième pour les rejets dans l'air et au sol et troisième pour les rejets dans l'eau.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour le code de pratiques. L'incertitude entourant les données de l'INRP relatives à l'exploitation minière découle du fait que les installations intégrées d'extraction et de transformation peuvent changer les codes qu'elles utilisent dans les déclarations d'une année à l'autre.

Ciment

Lignes directrices nationales relatives à l'utilisation des déchets dangereux et non dangereux comme combustible de substitution dans les fours à ciment du CCME

Description : Les lignes directrices indiquent une valeur recommandée de 0,15 mg/m³ pour les métaux de classe III (mercure, cadmium et thallium) dans les émissions de métaux.

Application à un secteur préoccupant : Non

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : Établit des valeurs recommandées pour les émissions de métaux, dont le cadmium.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour les lignes directrices volontaires. Les émissions de cadmium de ce secteur ont diminué avec le temps, bien que cela soit probablement lié à d'autres efforts cherchant à réduire les émissions d'oxydes d'azote et de gaz à effet de serre provenant du secteur, et non aux lignes directrices.

Pâtes et papiers

Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers

Description : Le Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers a été élaboré en 1971 en vertu de la Loi sur les pêches pour régir le rejet de substances nocives dans des eaux où vivent des poissons. Il a été conçu pour encourager les fabriques à modifier leurs procédés en vue d'améliorer la qualité de l'eau et de protéger les poissons et leur habitat ainsi que l'utilisation des ressources halieutiques. Il fixe des limites pour les quantités de matières en suspension totales et de matières exerçant une demande biochimique en oxygène, et interdit le dépôt d'effluents présentant une létalité aiguë.

Application à un secteur préoccupant : Non

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Le secteur des pâtes et papiers contribue de façon importante aux rejets de cadmium dans l'eau selon l'INRP (deuxième secteur en importance après les eaux usées).

Les estimations de l'OIPABP concernant l'étendue spatiale des épaulards résidents du nord et du sud et du saumon chinook indiquent que les deuxièmes sources en importance pour les rejets de cadmium sont les effluents des fabriques de pâtes et papiers et le ruissellement de surface.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Non

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Le Règlement s'est avéré efficace pour réduire la toxicité aiguë des effluents, mais n'a pas été pleinement efficace pour atténuer la toxicité sublétales des effluents ou les effets dans les milieux récepteurs. Les mesures proposées pour exiger la caractérisation et des études de surveillance de la qualité de l'eau seront importantes pour orienter la gestion des risques du secteur et contribuer aux futures évaluations du rendement relatives à plusieurs substances, dont le cadmium.

Production d'électricité

Nouvelles lignes directrices sur les émissions des centrales thermiques

Description : Les lignes directrices établissent des limites d'émissions pour les nouveaux générateurs d'électricité alimentés aux combustibles fossiles.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : Lien avec la table de concertation du Processus des options stratégiques concernant la production d'électricité; la combustion du charbon contribue aux émissions de cadmium, puisque le cadmium est présent dans les matières particulaires.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Inconnus

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour les lignes directrices volontaires. On n'observe aucune réduction des rejets de cadmium provenant du secteur après la publication des lignes directrices.

Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon

Description : Ce règlement établit une norme de rendement stricte pour les nouveaux groupes de production d'électricité alimentés au charbon et ceux qui ont atteint la fin de leur vie utile.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : Lien avec la table de concertation du Processus des options stratégiques concernant la production d'électricité. La combustion du charbon contribue aux émissions de cadmium, puisque le cadmium est présent dans les matières particulaires.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : On a besoin de plus de données pour évaluer le succès de ce règlement. Les émissions du secteur continueront d'être surveillées grâce aux déclarations exigées dans le cadre de l'INRP, et l'IEPA sera tenu à jour en ce qui concerne la production d'électricité à partir de charbon jusqu'à l'élimination de cette activité au Canada. Les données préliminaires indiquent que des réductions des émissions de cadmium provenant des centrales au charbon ont été réalisées depuis 2012.

Déchets

Lignes directrices nationales sur les sites d'enfouissement de déchets dangereux du CCME

Description : Les lignes directrices visent à offrir un cadre de référence quant aux exigences de conception, d'exploitation et de performance de base aux divers organismes de réglementation fédéraux, provinciaux et territoriaux ainsi qu'aux concepteurs, propriétaires et exploitants de sites d'enfouissement technique de déchets dangereux au Canada. Elles n'établissent pas de seuil pour les concentrations de contaminants dans les déchets ou le lixiviat, mais recommandent plutôt des critères de performance dont peuvent tenir compte les organismes de réglementation dans leurs programmes de déclaration ou de permis municipaux ou provinciaux.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : Les déchets sont une source préoccupante selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour les lignes directrices volontaires. D'après les données de l'INRP, la quantité de déchets de cadmium éliminés dans les sites d'enfouissement de déchets dangereux ou transférés hors site à des fins de traitement avant l'élimination finale a augmenté depuis 2006, mais les rejets dans l'environnement déclarés sont restés stables ou ont légèrement diminué.

Règlement sur l'exportation et l'importation de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses

Description : Ce règlement pris en vertu de la LCPE contrôle les mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses. Il aide à assurer que ces déchets et matières qui traversent des frontières internationales sont caractérisés et gérés adéquatement et en conformité avec la loi internationale.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Les déchets sont une source préoccupante selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire. Le cadmium est considéré comme dangereux aux termes du Règlement. Il figure à l'annexe 6, Constituents dangereux faisant l'objet d'un contrôle au moyen de l'épreuve relative au lixiviat et des limites réglementaires, du Règlement (article 12). Le Règlement contribuera à orienter la gestion des déchets de cadmium.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Non

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Abrogé par le Règlement sur les mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses.

Règlement sur les mouvements interprovinciaux des déchets dangereux

Description : Ce règlement s'applique aux mouvements de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses qui traversent une frontière provinciale ou territoriale du Canada.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Les déchets sont une source préoccupante selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire. Le cadmium est considéré comme dangereux aux termes du Règlement. Le Règlement contribuera à orienter la gestion des déchets de cadmium.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires :

Règlement sur les mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses

Description : Ce règlement vise à assurer que les envois de déchets dangereux et de matières recyclables dangereuses qui traversent une frontière internationale, interprovinciale ou territoriale du Canada atteignent leur destination prévue afin de réduire le rejet de contaminants dans l'environnement au Canada et ailleurs.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Les déchets sont une source préoccupante selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire. Le cadmium est considéré comme dangereux aux termes du Règlement. Le Règlement contribuera à orienter la gestion des déchets de cadmium.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Non

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucun

Approche pancanadienne pour la gestion des biosolides issus de l'épuration des eaux usées

Description : L'approche décrit la bonne gestion et la valorisation des biosolides municipaux, des boues municipales et des boues de fosses septiques traitées, qui sont des sources utiles d'éléments nutritifs, de matières organiques et d'énergie.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : L'épandage des boues d'épuration figurait parmi les sources préoccupantes selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Aucun fixé

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucune exigence de rapport n'est en place pour les lignes directrices volontaires.

Loi sur les engrais et Règlement sur les engrais

Description : Tous les engrais et les suppléments (amendements qui ne sont pas des nutriments) vendus ou importés au Canada sont assujettis à la Loi sur les engrais et au Règlement sur les engrais administrés par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Aux termes de cette loi, tous les produits réglementés doivent être sûrs pour les humains, les plantes, la santé animale et l'environnement, efficaces pour les fins prévues et bien étiquetés afin d'éviter les déclarations trompeuses et la fraude sur le marché. Par conséquent, si des biosolides sont vendus ou importés à titre d'engrais ou de suppléments, le produit doit respecter les normes d'innocuité, d'efficacité et d'étiquetage indiquées.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : L'épandage des boues d'épuration figurait parmi les sources préoccupantes selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Cette loi et ce règlement sont administrés par l'ACIA et sont donc hors de la portée de l'approche de gestion des risques d'ECCC. Il importe de noter que la production, l'utilisation (y compris l'épandage), l'élimination et la distribution par d'autres moyens que la vente (par exemple don) d'engrais et de suppléments, y compris les produits de biosolides, ne sont pas assujetties à la Loi sur les engrais. L'ACIA ne réglemente que la vente et l'importation. L'évaluation du Programme des engrais effectuée en 2013 indique un taux de conformité moyen de 77 % en ce qui concerne la teneur en métaux et en éléments nutritifs secondaires des engrais inspectés entre 2009 et 2012. Il est trop tôt pour faire part des progrès réalisés après les modifications apportées en 2020..

Rejets industriels de plusieurs secteurs

Programme Accélération de la réduction/élimination des toxiques (ARET)

Description : En 1994, dans le cadre du programme ARET, on a donné le défi à des entreprises, des établissements, des ministères et des organismes gouvernementaux canadiens sélectionnés de réduire ou d'éliminer volontairement leurs émissions de certaines substances avant l'an 2000. Les

participants devaient choisir une année de référence ultérieure à 1987 à partir de laquelle ils réaliseraient leurs réductions, et décrire leurs engagements dans un plan d'action accessible au public.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Non

Justification de l'inclusion : Le cadmium était l'une des substances ciblées par le programme et a fait l'objet de rapports dans le cadre de celui-ci. Pris en compte dans le rapport de la table de concertation du Processus des options stratégiques et intégré aux recommandations pour le secteur de la production d'électricité.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Oui

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Les évaluations indépendantes du programme ont indiqué que celui-ci avait eu un succès limité, car la plupart des réductions avaient été réalisées avant 1994.

Stratégies de réduction des émissions de multiples polluants

Description : Les ministres de l'environnement ont convenu d'une liste de mesures devant réduire les émissions de polluants qui contribuent aux matières particulaires et à l'ozone. Ces mesures comprenaient l'élaboration de stratégies complètes de réduction des émissions de multiples polluants pour des secteurs industriels clés. Cette approche a été adoptée afin d'appliquer des solutions intégrées aux problèmes du smog, des pluies acides, des rejets toxiques et des changements climatiques.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Plusieurs des secteurs cernés pour l'élaboration d'une stratégie sont aussi des secteurs préoccupants en raison de leurs rejets atmosphériques de cadmium : production d'électricité, fusion des métaux communs, et fer et acier.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Inconnus

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Aucun

Exigences de base relatives aux émissions industrielles

Description : Les ministres de l'environnement ont convenu que toutes les sources industrielles importantes au Canada devraient atteindre un bon niveau de base en matière de performance. Les exigences de base relatives aux émissions industrielles (EBEI) ont été conçues en tenant compte de ce principe. Il s'agit d'exigences quantitatives ou qualitatives relatives aux émissions qui sont proposées pour les grands secteurs industriels nouveaux et existants et certains types d'équipement. Les EBEI sont axées sur les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les composés organiques volatils (COV) et les matières particulaires (PM). Elles ne sont pas conçues

pour être le seul instrument servant à améliorer la qualité de l'air, mais visent à soutenir les cadres stratégiques fédéraux, provinciaux et territoriaux existants.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Inconnue

Justification de l'inclusion : Le cadmium peut faire partie des matières particulaires rejetées par certaines sources industrielles. Les secteurs visés par les EBEI qui sont pertinents pour la gestion des risques du cadmium selon l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire ou l'importance de leurs rejets atmosphériques de cadmium tels qu'ils ont été déclarés à l'INRP et estimés dans l'IEPA sont les suivants : fusion des métaux communs, ciment, et fer, acier et ilménite.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : Partiellement

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : La mesure du rendement est en cours.

Accords

Accord Canada-Ontario concernant la qualité de l'eau

Description : Il s'agit d'un accord entre les gouvernements du Canada et de l'Ontario qui vise à favoriser un écosystème sain, prospère et durable dans le bassin des Grands Lacs pour les générations actuelles et futures. L'accord de 1994 nommait un groupe de substances chimiques préoccupantes présentes dans le bassin des Grands Lacs et décrivait des mesures pour réduire et prévenir les rejets.

Application à un secteur préoccupant : Oui

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : Pris en compte dans le contexte politique des tables de concertation du Processus des options stratégiques; le cadmium était décrit dans l'accord comme une substance préoccupante; la mesure du rendement de l'accord a été faite, et rend compte de progrès réalisés quant au cadmium dans le bassin des Grands Lacs.

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Les concentrations de cadmium ont diminué, mais elles dépassent encore les lignes directrices relatives aux sédiments et à la qualité de l'eau établies par le CCME et le gouvernement de l'Ontario. Les concentrations dans les poissons étaient inférieures aux lignes directrices provinciales en matière de consommation. Dans le cadre de l'examen, les concentrations atmosphériques de cadmium dans le bassin des Grands Lacs ont également été analysées et se sont avérées inférieures au critère de qualité de l'air ambiant de l'Ontario. Des activités d'assainissement mises en œuvre conformément à l'accord permettent de gérer et d'éliminer la contamination par le cadmium et d'autres substances chimiques dans les secteurs préoccupants; il s'agit d'éléments des plans d'action et d'aménagement panlacustre.

Protocole relatif aux métaux lourds de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de la CEE-ONU

Description : L'organe exécutif a adopté le Protocole relatif aux métaux lourds à Aarhus (au Danemark) le 24 juin 1998. Le Protocole cible trois métaux particulièrement nocifs : le cadmium, le plomb et le mercure. Les parties doivent réduire leurs émissions de ces trois métaux à des niveaux inférieurs à ceux de 1990 (ou d'une autre année entre 1985 et 1995). Le Protocole vise à couper les émissions de sources industrielles (secteur du fer et de l'acier, secteur des métaux non ferreux), des procédés de combustion (production d'électricité, transport routier) et de l'incinération des déchets.

Application à un secteur préoccupant : Non

Contribution à la réduction des rejets ou concentrations dans l'environnement : Oui

Justification de l'inclusion : Le Protocole relatif aux métaux lourds a été adopté après l'évaluation de 1994 et la formation de nombreuses tables de concertation du Processus des options stratégiques; cependant, son adoption potentielle a été prise en compte dans le contexte politique des tables de concertation. Le cadmium est l'un des trois métaux ciblés dans l'accord; des données probantes tirées de la répartition des sources indiquent que le cadmium entre au Canada par le transport de matières particulières en suspension dans l'air émanant des États-Unis (aussi partie à l'accord).

Cibles ou objectifs de l'instrument atteints : En cours

Application à une ou plusieurs voies de rejet primaire : Oui

Commentaires ou renseignements supplémentaires : Le Canada a respecté son engagement à réduire les émissions de métaux lourds en 2008. Des efforts sont déployés à l'échelle mondiale pour réduire les émissions de ces métaux dans les pays en développement et les pays à économie en transition.