



SANTÉ CANADA

Recueil de résumés de recherche



2020-2021



Santé
Canada Health
Canada

Canada

Santé Canada est le ministère fédéral responsable d'aider les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Santé Canada s'est engagé à améliorer la vie de tous les Canadiens et à faire du Canada l'un des pays où les gens sont le plus en santé au monde, comme en témoignent la longévité, les habitudes de vie et l'utilisation efficace du système public de soins de santé.

Also available in English under the title:
Health Canada : Compilation of research abstracts 2020-2021

Pour obtenir plus d'information, veuillez communiquer avec :

Santé Canada
Indice de l'adresse 0900C2
Ottawa (Ontario) K1A 0K9
Tél. : 613-957-2991
Sans frais : 1-866-225-0709
Télec. : 613-941-5366
ATS : 1-800-465-7735
Courriel : hc.publications-publications.sc@canada.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de la Santé, 2022

Date de publication : mars 2022

La présente publication peut être reproduite sans autorisation pour usage personnel ou interne seulement, dans la mesure où la source est indiquée en entier.

Cat. : H126-6F-PDF
ISBN : 2563-9919
Pub. : 210086

INTRODUCTION

Le présent document inclut toute la recherche menée à l'interne, notamment les activités de sous-traitance en sciences sociales, physiques et naturelles qui visent à produire de nouvelles connaissances menées dans la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs (DGSESC) de Santé Canada en 2019-2020. Dans ce contexte, la recherche est définie comme suit :

« Processus d'enquête systématique, qui comprend l'élaboration, la mise à l'essai et l'analyse, mené pour concrétiser le mandat du Ministère, pour découvrir, interpréter ou analyser des faits, des événements ou des comportements, pour rédiger et réviser des théories ou en faire des applications pratiques à l'aide de lois, de théories ou de faits conçus pour développer ou enrichir les connaissances¹. »

Cette recherche comprend :

- la mise au point de méthodes;
- l'adaptation de méthodes si elles sont publiables et peuvent ainsi enrichir le savoir scientifique;
- les activités de suivi, de surveillance et de mise à l'essai destinées à orienter les évaluations des risques et les options de gestion des risques ou à caractériser une situation et à définir des tendances;
- la recherche clinique;
- les études épidémiologiques;
- les nouvelles méthodes d'analyse des données, notamment des méthodes hors laboratoire comme les algorithmes et l'exploration des données.

L'importance accordée à la recherche de Santé Canada et de la DGSESC ne doit pas être sous-estimée : les divers projets, les collaborations et l'expertise de la Direction générale témoignent de son engagement à protéger la santé et la sécurité des Canadiens.

Le présent document doit être considéré comme un outil de référence, un résumé des projets de recherche menés à la Direction générale. Bien qu'il ait été créé pour appuyer les programmes de la Direction générale et du Ministère, plus particulièrement la recherche, l'évaluation du risque, la gestion et l'élaboration des politiques, le document pourrait favoriser des collaborations et des partenariats élargis en plus de contribuer à l'échange et à l'utilisation de renseignements utiles pour la prise de décisions et la définition d'objectifs stratégiques reposant sur des données probantes.

Nous nous sommes efforcés de donner un aperçu de chaque projet dans une langue non technique et d'expliquer brièvement en quoi le projet est lié au mandat de Santé Canada. Par souci de commodité, les projets ont été regroupés d'après les thèmes.

¹ Définition élaborée par le Comité de gouvernance de la recherche de la DGSESC et approuvée par le Comité exécutif de la DGSESC en juin 2013.

Table des matières

QUALITÉ DE L’AIR	1
Effets aigus et chroniques sur la santé du potentiel oxydant des PM _{2,5} dans l’air ambiant.....	1
Issues de grossesse négatives et maladies infantiles liées au potentiel oxydant des PM _{2,5} et aux composantes des PM _{2,5} dans l’air ambiant.....	2
Le SARS-CoV-2 sous forme d’aérosols dans les hôpitaux et les établissements de soins de longue durée au cours de la pandémie de COVID-19.....	2
Indicateur sur les tendances air-santé : faits récents et mises à jour.....	3
Enquête en ligne sur les systèmes de ventilation de cuisine dans les maisons au Canada.....	3
Analyses des fonctions concentration-réponse non linéaires pour les expositions à court terme à la pollution atmosphérique.....	4
Mise à jour de la Cote air santé par l’élargissement de la couverture temporelle et spatiale.....	4
Association entre la pollution atmosphérique et la dynamique de la pandémie de COVID-19 au Canada.....	5
Étude de modélisation de l’exposition spatiale et temporelle à Calgary (étude MEST Calgary).....	5
Étude sur la pollution de l’air marin dans la région atlantique du Canada (étude CAMAPS).....	6
Étude CanEPIC : étude canadienne sur l’environnement, la grossesse, le nourrisson et l’enfant.....	6
Maladies chroniques et pollution de l’air : étude de la trajectoire de la maladie et des interventions (étude ROUTE).....	7
Étude d’intervention sur la pollution atmosphérique chez les navetteurs.....	7
Étude à long terme des modificateurs d’effet des associations entre l’exposition à la circulation routière et la mortalité par maladies cardiovasculaires, respiratoires et neurologiques au sein d’une cohorte canadienne (IH LCPA).....	8
Élaboration de modèles d’exposition hybrides pour la prédiction des concentrations de pollution atmosphérique avec références spatiales et temporelles à l’échelle locale et nationale.....	9
Projet sur la qualité de l’air dans les aréas.....	9
Répercussions de la variation temporelle des émissions industrielles de polluants atmosphériques sur l’incidence de l’asthme chez les enfants au Québec – une étude sur l’approche en matière de reddition de compte.....	10
Qualité de l’air intérieur et incidence sur la santé respiratoire des enfants dans les réserves des Premières Nations de la zone de Sioux Lookout.....	10
Projet de modélisation urbaine intégrée.....	11
Interaction entre les variants de gènes et la pollution atmosphérique chez les participants à des études par panel sur la Cote air santé.....	11
Effets combinés de l’exposition aux aéroallergènes et aux polluants atmosphériques extérieurs en milieu urbain.....	12
Effets longitudinaux de la pollution atmosphérique, des aéroallergènes et des caractéristiques du milieu urbain dans la cohorte de l’étude TCHEQ (questionnaire d’évaluation de la santé des enfants de Toronto).....	13
Exposition de longue durée à la pollution de l’air ambiant et effets sur la santé cardiovasculaire, respiratoire et neurologique chez les personnes âgées : Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement.....	13
Projet de laboratoire sur la pollution atmosphérique par les microplastiques et d’étude de l’exposition connexe (LPAME) : élaboration de méthodes de détection, de quantification et de caractérisation des microplastiques en suspension dans l’air.....	14

Tirer profit des changements de la qualité de l'air pendant la pandémie de COVID-19 de façon à orienter le développement durable à l'avenir.....	14
Étude sur la qualité de l'air dans les maisons neuves.....	15
Étude sur l'exposition à la pollution atmosphérique et l'épidémiologie à Québec (EPAEQ).....	15
Expositions à court et à moyen terme à la pollution de l'air ambiant provenant de la combustion de biomasse et changements dans la réponse microvasculaire rétinienne chez les enfants.....	16
Modélisation spatiale à l'appui des études sur la santé.....	17
Étude de la qualité de l'air dans le métro.....	17
Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) : mise à jour.....	17
Association entre la pollution atmosphérique et la mortalité liée à la COVID-19 à Santiago (Chili) : une analyse des séries chronologiques quotidiennes (IH LCPA).....	18
Association entre la pollution atmosphérique et les hospitalisations chez les patients atteints de lupus érythémateux disséminé au Chili : une analyse des séries chronologiques quotidiennes (IH LCPA).....	19
Association entre la pollution atmosphérique et la difficulté à traiter les troubles respiratoires du sommeil par la ventilation en pression positive continue (Institut de recherche de l'Hôpital d'Ottawa).....	19
Association entre l'exposition à la pollution de l'air pendant la grossesse et l'autisme chez l'enfant.....	20
Étude sur la pandémie de COVID-19 et l'effet de la pollution atmosphérique (COVID-Air) [IH LCPA].....	20
Le rôle du stress et de la réactivité au stress dans la médiation des répercussions associées aux polluants de l'air sur le cerveau et les poumons.....	21
Vulnérabilité à la pollution atmosphérique dépendante du temps dans une cohorte de femmes enceintes (MIREC).....	21
Étude sur la qualité de l'air dans les quartiers à proximité des gares de triage (QAQPGT).....	22
CANNABIS.....	22
Étude inter-laboratoire internationale sur l'huile de cannabis.....	22
Identification rapide de matières étrangères visibles par spectroscopie IRTF.....	23
Validation d'une méthode rapide pour le dénombrement des microorganismes dans le cannabis séché.....	23
CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	24
Rapport d'évaluation qualitative et quantitative du réseau de surveillance syndromique en temps réel de l'Alberta (RSSTRA).....	24
Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques.....	24
Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques (2).....	25
CanTEMP : estimation de la surmortalité et de la surmorbidity attribuables à la température à l'échelle nationale.....	25
Changements climatiques et vulnérabilité à la chaleur des travailleurs canadiens : gros plan sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada.....	26
Analyse économique des répercussions des changements climatiques sur la santé et sur le système de santé : un aperçu.....	26
Établissement de seuils de température intérieure au moyen de données probantes aux fins de la protection de la santé.....	27
Conditions météorologiques extrêmes et changements climatiques : santé de la population et système de santé.....	27
Écologiser pour croître : une estimation économique des bienfaits pour la santé de l'exposition aux espaces verts.....	27

La santé des Canadiens dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir, 2021	28
Projet de recherche sur les leçons apprises du programme ADAPTATION Santé	28
Amélioration du recensement des décès liés à la chaleur au Canada : estimation de l'efficacité des soins médicaux au lieu où a été constaté le décès et répercussions pour les systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur (SAIC) (PE entre Santé Canada et le Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique, 2019-2021)	29
Étude des conditions associées au confort thermique dans les terrains de jeu au Canada	29
Effets potentiels des changements climatiques sur les évaluations des risques pour la santé humaine visant les sites contaminés au Canada (mars 2021)	31
Effets des arbres urbains sur la santé humaine : revue exploratoire	32

SÉCURITÉ DES PRODUITS DE CONSOMMATION 32

Étude sur l'usage du DEET	32
Absorption cutanée des ignifugeants dans une enquête sur les produits de consommation	33
Élaboration d'une méthode à haut débit en chambre d'essai pour la détermination des composés organiques semi-volatils dans les produits de consommation	33
Élaboration d'une méthode d'analyse du microbiome dans la poussière domestique aux fins de l'évaluation de l'exposition aux microbes associés aux biotechnologies au Canada	34
Mise au point de méthodes d'identification et d'évaluation des dangers associés aux microorganismes liés à la biotechnologie : évaluation de la virulence des agents pathogènes humains opportunistes présents dans les mélanges microbiens	34
Élaboration de méthodes d'analyse de la pathogénicité aux fins de l'évaluation du danger associé aux microorganismes utilisés en biotechnologie	35
Concentrations environnementales de médicaments vétérinaires et de médicaments à usage humain dans les eaux de surface et les sédiments	35
Identification de substances inconnues dans les liquides de recharge et les vapeurs des cigarettes électroniques	36
Évaluation de la toxicité <i>in vitro</i> des nanoformes de l'oxyde de zinc	36
Augmentation du nombre d'appels relatifs à une exposition à certains nettoyeurs et désinfectants au début de la pandémie de COVID-19 : données des centres anti-poison canadiens	37
Dispositif portable de biodétection automatique des agents biologiques à double usage pouvant constituer des menaces pour les systèmes essentiels d'approvisionnement en eau (PCSS de RDDC)	37

SUBSTANCES CONTRÔLÉES..... 37

Ajout de benzodiazépines à la méthode d'identification des opioïdes par chromatographie liquide à ultra haute performance couplée à la spectrométrie de masse de haute résolution à quadripôle et temps de vol (UPLC-QToF HR MS ^E)	38
Initiative de collaboration en matière de réduction des méfaits entre Santé Canada et le <i>Centre on Substance use</i> de la Colombie-Britannique pour une vérification précise des drogues dans la communauté	38
Enquête sur la d,l-Méthamphétamine à la recherche d'informations spécifiques sur la voie de synthèse	39
Identification et quantification de la cocaïne, de l'héroïne, de la méthamphétamine et de la MDMA par chromatographie liquide à ultra haute performance (UPLC) et spectrométrie de masse à triple quadripôle	39
Impact de la filtration des opiacés pharmaceutiques en remplacement des opioïdes de rue pendant la COVID	40
Étude sur le devenir et les effets de la metformine dans l'environnement	40

Validation d'une méthode permettant d'analyser 14 drogues préoccupantes et métabolites dans les eaux usées.....	41
Identification et quantification des drogues de rue par RMNq à multicomposants	41

ALIMENTATION ET NUTRITION..... 42

Développement et validation de la méthode de dosage de la vitamine K (K1 et K2 sous-type MK4) dans les aliments vendus au détail à l'appui du Fichier canadien sur les éléments nutritifs	42
---	----

EFFETS DES SUBSTANCES CHIMIQUES SUR LA SANTÉ..... 42

Une stratégie d'essais intégrés visant à évaluer les mutations génétiques de cellules somatiques et germinales de rongeurs transgéniques à l'aide de la ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques n° 488 et du modèle MutaMouse.....	42
Évaluation du potentiel cancérogène des produits chimiques du PGPC par l'application et l'examen de l'essai de transformation cellulaire sur cellules embryonnaires de hamster syrien (SHE-CTA).....	43
Évaluation du rendement et de la prédictivité d'un essai optimisé de neurotoxicité développementale <i>in vitro</i> à l'aide de substances ayant des effets neurotoxiques avérés sur le développement et de témoins négatifs .	44
Associations entre les concentrations urinaires de triclosan et de bisphénol A et les concentrations sériques d'hormones sexuelles stéroïdiennes mesurées chez la population du Canada et des États-Unis (S et S du PGPC).....	44
Flux de travaux automatisés pour la détermination de la portée et l'exploration des données sur les substances chimiques : faire progresser les approches en matière d'établissement des priorités et d'énoncé de problème.....	45
Caractérisation et essais toxicologiques de la nanocellulose et des nanoparticules d'oxyde de métal (PGPC)	45
Caractérisation de l'exposition résidentielle aux métaux et aux matières organiques du PGPC.....	46
Profil de cohorte : programme de surveillance des effets sur la santé à Ndilq, à Dettah et à Yellowknife (YKHEMP).....	46
Mise sur pied d'une base de données maîtresse sur les taux de mercure et de méthylmercure dans les aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au mercure dans les communautés autochtones	47
Dérivation des équivalents de biosurveillance pour les substances organiques et les substances inorganiques aux fins de l'interprétation des données de biosurveillance à l'appui de l'évaluation des risques associés aux produits chimiques	48
Détermination des facteurs d'incertitude (FI) pour les évaluations des risques dont l'objectif est d'estimer les limites d'exposition aux mutagènes environnementaux	48
Élaboration de méthodes de criblage <i>in vitro</i> des perturbateurs métaboliques dans les adipocytes	49
Élaboration et application de stratégies d'essai adaptées et fondées sur les voies toxicologiques impliquées dans les effets indésirables pour améliorer l'évaluation des dangers et des risques liés aux substances chimiques altérant le génome.....	49
Élaboration et application d'approches novatrices de séquençage de nouvelle génération pour les essais de mutagenicité au 21 ^e siècle.....	50
Élaboration et validation de méthodes rapides aux fins de l'évaluation de la toxicité endocrinienne	51
Mise au point d'une approche de détection permettant d'évaluer l'activité perturbatrice du système endocrinien de substances chimiques à l'aide de méthodes fondées sur la relation (quantitative) structure-activité (R[Q]SA) et de données <i>in vitro</i> à haut débit.....	51
Élaboration d'un outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité (OAI EG)	52

Élaboration de méthodes de criblage non ciblées visant à identifier, par spectrométrie de masse à haute résolution, de nouveaux métabolites et de nouvelles substances chimiques dans les liquides organiques humains en tant que biomarqueurs d'exposition.....	52
Comparaison directe de la toxicité subaiguë des bisphénols A, F et S à l'aide d'un protocole d'exposition normalisé de l'OCDE.....	53
Effets de la préparation des aliments traditionnels sur les concentrations et la bioaccessibilité du mercure ou de métaux connexes	54
Perturbateurs du système endocrinien : vers des solutions de remplacement responsables (subvention d'équipe des IRSC, Université McGill).....	54
Perturbateurs du système endocrinien : vers des solutions de remplacement responsables – détermination de la teneur en esters organophosphorés (OPE) et en métabolites connexes dans des échantillons de lait maternel, d'aliments et d'eau	55
Estimation du nombre de cas d'infertilité masculine attribuables à l'exposition prénatale aux dioxines et aux furanes au Canada	55
Évaluation de l'utilisation de la décontamination cutanée pour réduire l'exposition des pompiers aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) issus de la combustion (Service des incendies d'Ottawa, Directeur – Service des incendies [Forces canadiennes], Association des pompiers professionnels d'Ottawa, Association des pompiers de Montréal, Association internationale des pompiers et Institut de protection contre les incendies du Québec).....	56
Évaluation des méthodes <i>in vitro</i> destinées à éclaircir les différences sur le plan de la toxicité entre les variantes de nanoparticules de silice nouvellement synthétisées dans le but de faciliter la lecture croisée dans l'évaluation des risques liés aux nanoparticules	56
Évaluation de la pertinence et du rendement de certains modèles ADME à l'égard de substances existantes en vue d'une utilisation élargie dans l'évaluation des risques liés aux produits chimiques.....	57
Élargissement de l'espace chimique obtenu par analyse toxicocinétique à haut débit dans le but d'accroître son applicabilité aux substances existantes	57
Charge d'exposition : utilisation des données de biosurveillance pour quantifier la charge d'exposition à de multiples substances chimiques dans une population (S et S du PGPC).....	58
GeneTox21 – une plateforme intégrée utilisée aux fins de l'évaluation de la toxicité génétique <i>in vitro</i> et de l'évaluation réglementaire des substances nouvelles et existantes.....	58
Évaluation des risques pour la santé associés à l'exposition à l'arsenic chez les résidents de Ndilo, de Dettah et de Yellowknife dans les Territoires du Nord-Ouest, au Canada	59
Répercussions des grands projets sur les aliments traditionnels et conséquences sur la sécurité alimentaire des peuples autochtones : état actuel des pratiques au Canada	60
Exploiter les données sur la bioactivité <i>in vitro</i> pour moderniser l'établissement des priorités en matière d'inventaire des substances chimiques	60
Pharmacocinétique <i>in vitro</i> aux fins d'interprétation des données à haut débit (2 ^e partie).....	60
Extrapolation <i>in vitro-in vivo</i> de la toxicocinétique des substances chimiques du PGPC	61
Évaluation de la toxicité <i>in vitro</i> des nanoformes du dioxyde de titane	62
Toxicocinétique <i>in vitro</i> pour l'interprétation des données.....	62
Intégration de flux de travail informatiques pour l'établissement des priorités en matière d'évaluation des risques conformément à la <i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement</i>	62
Évaluation des effets de la vitesse de dissolution des nanoparticules métalliques sur les réponses cellulaires (PGPC).....	63
Utilisation de modèles d'apprentissage automatique dans la prédiction des perturbateurs endocriniens	64
Plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement)	64

Étude MIREC-ENDO : début de la puberté, fonction endocrinienne et métabolisme	65
Modélisation et évaluation de l'exposition de courte durée au plomb dans le sol	66
Exposition multimédia à de nouvelles substances chimiques préoccupantes utilisées comme substances de remplacement et à certaines substances chimiques du PGPC3	66
Programme national de biosurveillance dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) – cycles 5 et 6 (2016-2019) et cycles 7 et 8 (2022-2025) (S et S du PGPC)	67
Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN).....	67
Identification des phases des nanopoudres d'oxyde métallique achetées auprès de distributeurs en ligne....	68
Projet Apollo : Évaluation de solutions numériques d'apprentissage par le jeu pour une sensibilisation optimisée à la santé environnementale ciblant les jeunes	68
Couplage de bases de données : étude du lien entre les niveaux d'exposition aux substances chimiques dans l'environnement et les résultats sur la santé.....	69
Lecture croisée quantitative à l'aide de méthodes chimio-informatiques	69
Amélioration et diffusion d'un cadre quantitatif pour l'analyse et l'interprétation réglementaire des données dose-réponse sur la toxicité génétique.....	70
Analyse régionale des données de biosurveillance de l'ECMS.....	70
Potentiel toxique relatif des variantes nanoparticulaires de la silice et du dioxyde de titane.....	71
Examen des données de biosurveillance humaine disponibles pour approfondir les connaissances sur l'exposition des pompiers aux substances toxiques préoccupantes dérivées de la combustion.....	72
Effets sublétaux des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) sur l'escargot d'eau douce <i>Planorbella pilsbryi</i> et l'amphipode <i>Hyaella azteca</i>	72
Caractérisation systématique et validation préliminaire de méthodes et de modèles d'essais à fondement génomique ne faisant pas appel à des animaux (<i>in vitro</i> et <i>ex vivo</i>) pour l'évaluation de l'innocuité des nanomatériaux.....	73
Outils de méta-analyse et d'examen systématiques à l'appui des évaluations scientifiques	73
Analyse des effets des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) sur le poisson-zèbre (<i>Brachydanio rerio</i>).....	74
Incidence du comportement de dissolution des nanomatériaux d'oxyde métallique sur la réponse toxicologique	74
Modernisation de l'évaluation des risques : une méthode intégrée fondée sur les nouvelles approches méthodologiques pour la détection des produits chimiques potentiellement génotoxiques	75
Taux d'absorption des dispositifs d'échantillonnage personnels en silicone : validation du principe.....	75
Utilisation de profils d'expression génique pour faciliter la lecture croisée de 24 SPFA d'intérêt prioritaire...76	76
Utilisation de nouvelles approches méthodologiques pour faciliter le classement de l'activité et l'évaluation du mode d'action de 25 bisphénols.....	77
Validation du modèle du poisson-zèbre (<i>Brachydanio rerio</i>) à titre de NAM <i>in vitro</i> dans l'évaluation du potentiel de perturbation du système endocrinien et de toxicité générale des substances chimiques	77
PESTICIDES.....	78
Estimation des concentrations de pesticides dans les eaux d'inondation de champs de canneberges	78
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada : résultats d'une analyse pluriannuelle sur l'absorption cutanée	79
Efficacité d'un modèle de bande de végétation filtrante pour la réduction des pesticides dans le ruissellement de surface.....	79
Amélioration des évaluations des risques sanitaires pour les travailleurs exposés à des pesticides en serre ..80	80

Données sur l'exposition fournies par des groupes de travail utilisées à des fins réglementaires	80
Compte rendu sur la démarche de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire pour les essais non réalisés sur des animaux.....	80

PRODUITS PHARMACEUTIQUES..... 81

PSQM : Un programme qui surveille la qualité des produits pharmaceutiques sur le marché canadien	81
Étude interlaboratoire de la détermination des composés nitroso dans les médicaments inhibiteurs des récepteurs de l'angiotensine II (ARA).....	82
Confirmation rapide du <i>Burkholderia cepacia</i> complexe par méthode moléculaire	82

RADIOPROTECTION..... 83

Une meilleure compréhension de la dosimétrie du radon par la caractérisation des aérosols dans l'air intérieur et la simulation informatique.....	83
Évaluation de l'incertitude au moyen de deux techniques de modélisation différentes visant à estimer la rentabilité des mesures d'atténuation du radon dans les habitations existantes au Canada	83
Élaboration d'un essai de dosimétrie biologique.....	84
Évaluer l'impact des nouvelles stratégies de communication de l'information sur les risques pour la santé du radon, les tests de dépistage et les mesures d'atténuation à la population plus jeune du Canada	84
Recherche sur le radon : évaluation des stratégies d'atténuation du radon dans l'environnement canadien	84
Projet de renforcement des capacités d'analyse nucléo-légale dans l'atmosphère (PRCANA)	85
Biomarqueurs de l'exposition à de faibles doses de rayonnement ionisant.....	85
Analyse coût-efficacité des interventions visant à réduire l'exposition au radon en milieu résidentiel au Canada.....	86
Mise au point d'un dosimètre de référence permettant de distinguer la contribution des neutrons de celle des autres composantes du rayonnement cosmique.....	86
Élaboration d'une voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables pour la toxicité rénale induite par l'uranium.....	87
Exposition résidentielle au radon et leucémie infantile : une étude en population réalisée au Canada	87
Dosimétrie d'urgence.....	88
Estimation des exigences géospatiales pour les mesures de protection à proximité des centrales nucléaires canadiennes	88
Explorer la voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables dans le cadre de l'évaluation des risques liés au rayonnement.....	89
Caractérisation de l'exposition – tomographie volumique à faisceau conique.....	89
Réseau de surveillance en poste fixe	90
Analyse nucléo-légale et reconstruction en cas d'événement lié à des radionucléides (FREAR).....	90
Utilisation d'appareils à laser portatifs et lésions connexes : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC)	91
Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada	91
Identification des biomarqueurs de l'exposition au radon	92
Utilisation d'appareils de bronzage artificiel et lésions connexes : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC)	92
Justification et méthodologie pour la caractérisation des niveaux sonores de référence.....	93

Analyse longitudinale des données sur les travailleurs du secteur nucléaire dans le Fichier dosimétrique national (programme de recherche et de développement stratégiques sur le rayonnement à faible dose du Groupe des propriétaires de CANDU).....	93
Mesure des effets psychosociaux attribuables aux mesures de protection en cas d'urgence nucléaire.....	94
Mesure de la charge de travail à l'aide de détecteurs couplés.....	94
Contre-mesures médicales pour le dépôt dans les poumons.....	95
Modélisation de l'élévation de la température de la peau par des champs de radiofréquences à ondes millimétriques.....	95
Surveillance de la radioactivité chez le caribou et le béluga après l'accident de Fukushima (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord).....	96
Étude comportementale du Programme national sur le radon.....	96
Nouvelle méthodologie pour l'analyse du strontium radioactif dans le lait.....	97
Dispositifs d'écoute personnels et déficience auditive.....	97
Surveillance et évaluation de la radioactivité dans l'Arctique canadien : participation à un projet de recherche internationale du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) 2023.....	98
Recherche sur le radon : comprendre le risque lié au radon dans les milieux professionnels et résidentiels.....	98
Recherche sur le radon : examen des facteurs d'équilibre pour l'évaluation des doses.....	99
Exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail et maladies cardiovasculaires au Canada.....	99
Étude du césium 137 chez les espèces aviaires chassées au Canada.....	100
Revue systématique de la force de la preuve qui soutient l'existence d'un lien entre l'exposition au bruit et les changements dans les facteurs de risque biologiques des maladies causées par le stress.....	100
Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR).....	101
Traité d'interdiction complète des essais nucléaires : surveillance des stations de surveillance des radionucléides et du laboratoire de radionucléides.....	101
Modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptionnelles dans un modèle murin de peau en réponse au rayonnement ultraviolet émis par un lit de bronzage commercial.....	102
Valider les activités de surveillance en cas d'urgence à l'aide d'une quantité connue de matière radioactive.....	102
Étude sur le bruit des éoliennes et la santé : analyse du sommeil.....	103

QUALITÉ DE L'EAU..... 103

Conception d'enquêtes rentables sur l'eau potable au 21 ^e siècle : optimisation des analytes cibles, du choix des sites, de l'échantillonnage et des méthodes d'analyse.....	104
Transformation des microplastiques par les agents oxydants présents dans l'eau potable et effets connexes sur la sorption et le lessivage des nouvelles substances chimiques potentiellement préoccupantes pour la santé.....	104

LÉGENDE

IH LCPA	Initiative horizontale : Lutte contre la pollution atmosphérique (anciennement le Programme de réglementation de la qualité de l'air [PRQA])
ADME	Absorption, distribution, métabolisme et excrétion
AOP	Voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables
ARA	Antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II
ARC	Accord de recherche concertée
ARLA	Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
BCCI	Bureau des changements climatiques et de l'innovation, DSM
BCCSU	British Columbia Centre on Substance Use
BECSN	Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles, DSM
BERSE	Bureau d'évaluation des risques pour les substances existantes, DSM
BPRPCC	Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation, DSSER
BQEA	Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, DSM
BRP	Bureau de la radioprotection, DSSER
BRS	Bureau de la recherche et de la surveillance, Direction de la lutte contre le tabagisme, Direction générale des substances contrôlées et du cannabis
BSRSE	Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale, DSSER
BVF	Bande de végétation filtrante
CAMAPS	Étude sur la pollution de l'air marin dans la région atlantique du Canada
CANDU	CANada Deuterium Uranium
CAS	Cote air santé
CBC	Complexe <i>Burkholderia cepacia</i>
CEE	Concentration estimée dans l'environnement
COSV	Composé organique semi-volatile
COV	Composé organique volatil
CP	Chercheur principal (ou personne-ressource principale pour le projet)
DEET	<i>N,N</i> -diéthyl-3-méthylbenzamide
DSM	Direction de la sécurité des milieux
DSSER	Direction des sciences de la santé environnementale et de la radioprotection
DIN	Numéro d'identification de médicament
ECMS	Enquête canadienne sur les mesures de la santé
EPAEQ	Étude sur l'exposition à la pollution atmosphérique et l'épidémiologie à Québec
EPI	Équipement de protection individuelle

ERSH	Évaluation des risques pour la santé humaine
ESCC	Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes
FCEN	Fichier canadien sur les éléments nutritifs
FI	Facteur d'incertitude
FREAR	Analyse nucléo-légale et reconstruction en cas d'événement lié à des radionucléides
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
IRTF	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
ITAS	Indicateur sur les tendances air-santé
LAD	<i>Loi sur les aliments et drogues</i>
LCPE	<i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement</i>
LPAME	Projet de laboratoire sur la pollution atmosphérique par les microplastiques et étude de l'exposition connexe
LRSC	Liste révisée des substances commercialisées
LSP	Laboratoire de la sécurité des produits
MDMA	3,4-méthylènedioxy-méthamphétamine
MEST	Étude de modélisation de l'exposition spatiale et temporelle à Calgary
MIREC	Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement
NAM	Nouvelle approche méthodologique
NM	Nanomatériaux
OAIEG	Outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité
OCDE	Organisation de coopération et de développements économiques
OEBOQA	Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PACA	Pollution atmosphérique liée à la circulation automobile
PASCF	Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux
PCSS	Programme canadien pour la sûreté et la sécurité
PE	Protocole d'entente
PFAM	Pesticides in flooded agriculture
PGPC	Plan de gestion des produits chimiques mis en œuvre en vertu de la LCPE
PGPC3	Troisième phase du Plan de gestion des produits chimiques
PM	Matière particulaire (PM _{2,5} = matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm; PM ₅ = matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 5 µm)
PRCANA	Projet de renforcement des capacités d'analyse nucléo-légale dans l'atmosphère
PRQA	Programme de réglementation de la qualité de l'air
PSEA	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
PSQM	Programme de surveillance de la qualité des médicaments
PUF	Particule ultrafine (matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 0,1 µm)

R[Q]SA	Relation quantitative/qualitative structure-activité
RCSR	Réseau canadien de surveillance radiologique
RDDC	Recherche et développement pour la défense Canada
ROP	Recherche sur l'opinion publique
RSSTRA	Réseau de surveillance syndromique en temps réel de l'Alberta
S et S du PGPC	Programme de suivi et de surveillance du Plan de gestion des produits chimiques
SAD	Service d'analyse des drogues
SAIC	Systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur
SARS	Syndrome respiratoire aigu sévère
SCDAS	Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances
SCPP	Substances chimiques potentiellement préoccupantes
SCSDI	Système canadien de surveillance des données sur les intoxications
SHE-CTA	Essai de transformation cellulaire sur cellules embryonnaires de hamster syrien
SPFA	Substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques
TCHEQ	Questionnaire d'évaluation de la santé des enfants de Toronto
TDM	Toxicité à doses multiples
UPLC	Chromatographie liquide à ultra haute performance
UPLC-QToF HR MS	Chromatographie liquide à ultra haute performance couplée à la spectrométrie de masse de haute résolution à quadripôle et temps de vol
VVWM	Variable volume water model
YKHEMP	Programme de surveillance des effets sur la santé de Yellowknife

Qualité de l'air

Un système d'analyse de l'exposition des cellules pulmonaires aux microplastiques dans des conditions qui reproduisent les expositions réelles chez l'humain

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. La prévalence dans l'environnement des microplastiques a soulevé des questions sur leur toxicité potentielle. Comme l'inhalation est une voie d'exposition possible, il faut disposer d'outils qui reproduisent de façon réaliste les expositions par inhalation chez l'humain. Les méthodes classiques d'évaluation de la toxicité des contaminants inhalés font appel à l'exposition des animaux; or, un intérêt croissant pour l'abandon des modèles animaux (en raison de préoccupations d'ordre éthique, de la pertinence incertaine des résultats pour l'humain et du coût élevé) a entraîné la création d'appareils qui permettent d'exposer les échantillons de cellules et de tissus humains à des matériaux d'essai en suspension dans l'air. L'exposition à l'interface air-liquide (IAL) reproduit les conditions pulmonaires : les cellules et les tissus ressemblent davantage aux cellules et aux tissus pulmonaires comparativement aux cultures submergées classiques de cellules, et les expositions se font par voie aérienne. La présente étude vise à établir un système d'exposition IAL qui permet d'effectuer des essais reproductibles sur les microplastiques et d'autres contaminants aéroportés dans des conditions qui reproduisent les expositions réelles chez l'humain. Les cellules humaines cultivées dans l'IAL sont exposées aux contaminants transportés par un flux d'air, comme c'est le cas dans les poumons. Les conditions d'exposition sont optimisées par la surveillance en temps réel de la température, de l'humidité et du dépôt cellulaire des microplastiques de taille nanométrique ou micrométrique en suspension dans l'air. Les conditions et les protocoles établis permettent de maintenir la viabilité des cellules lors de l'exposition à l'air, assurant ainsi que les réactions inflammatoires et aux agents toxiques sont spécifiques des agents testés. Le système offrira une approche novatrice d'évaluation des effets des contaminants inhalés (p. ex. mélanges complexes de polluants gazeux ou sous forme de matières particulaires, émissions de combustion, polluants liés à la circulation automobile, aérosols organiques secondaires, métaux, nanoparticules, microplastiques, produits de vaporage, etc.) sans qu'une exposition animale soit nécessaire. Fait important, cette façon de faire donnera à Santé Canada la capacité d'évaluer les réponses biologiques pertinentes sur le plan de la santé des cellules humaines dans les conditions atmosphériques réelles auxquelles les personnes sont exposées, plutôt que d'utiliser des extraits ou des matériaux de modèles simplifiés. Il sera ainsi possible de reproduire plus fidèlement la toxicité pulmonaire chez l'humain et d'améliorer la détermination des risques et les études mécanistes à l'appui des besoins en matière de réglementation. (CP : Errol Thomson)

Effets aigus et chroniques sur la santé du potentiel oxydant des PM_{2,5} dans l'air ambiant

Les particules fines (PM_{2,5}) en suspension dans l'air se mesurent en fonction de la masse de particules présentes dans l'air. Cette mesure, qui est employée à l'échelle mondiale aux fins de la réglementation de la qualité de l'air ambiant, repose sur plusieurs années de données épidémiologiques et toxicologiques qui portent à croire à des effets défavorables sur la santé. Néanmoins, on reconnaît généralement que la concentration massique de particules ne représente qu'une autre mesure de la véritable cause sous-jacente des effets sur la santé qui sont attribuables aux particules, qu'on qualifie souvent de « dose biologique efficace ». De façon particulière, on sait que le stress oxydatif joue un rôle important dans les effets que provoquent les particules sur la santé, y compris sur la fonction respiratoire et cardiovasculaire. Par conséquent, on a proposé de mesurer le potentiel oxydant des particules en tant que mesure intégrée prometteuse de la toxicité globale attribuable aux particules. La

présente étude repose sur une enquête nationale sur le potentiel oxydant des PM_{2,5} dans les milieux extérieurs, qui a été réalisée entre 2016 et 2018 à 40 emplacements à l'échelle du Canada, et pour laquelle les analyses en laboratoire ont été terminées en 2020. Les données recueillies seront liées aux données sur les consultations aux urgences et les cohortes fondées sur la population à l'appui des analyses épidémiologiques. L'analyse des effets aigus sur la santé est en cours. La publication est prévue en 2021. (CP : Scott Weichenthal)

Issues de grossesse négatives et maladies infantiles liées au potentiel oxydant des PM_{2,5} et aux composantes des PM_{2,5} dans l'air ambiant

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. Il est établi que le stress oxydatif joue un rôle important dans les effets que provoquent les particules sur la santé, y compris sur la fonction respiratoire et cardiovasculaire. Par conséquent, on a proposé de mesurer le potentiel oxydant des particules en tant que mesure intégrée prometteuse de la toxicité globale attribuable aux particules. De plus, les composantes des PM_{2,5} peuvent présenter une toxicité différentielle et, par conséquent, avoir différents effets sur la santé. La présente étude vise à déterminer si le potentiel oxydant des PM_{2,5} et les composantes des PM_{2,5} sont associés à des issues de grossesse négatives et à des maladies infantiles. L'étude facilitera la mise à jour des lignes directrices sur l'évaluation des risques liés aux particules et à d'autres polluants courants (c.-à-d. l'O₃ et le NO₂ [ozone et dioxyde d'azote]) et contribuera également au Système de gestion de la qualité de l'air grâce à la détermination des approches les plus efficaces, sur le plan de la santé, pour améliorer la qualité de l'air et les stratégies de gestion des zones atmosphériques locales. Un article scientifique a été publié en 2018 sur le lien entre le potentiel oxydant des PM_{2,5} et les issues de grossesse négatives, et un autre article scientifique portant sur les composantes des PM_{2,5} et le développement de l'asthme et de cancers chez les enfants a été publié en 2020. Un manuscrit sur la composition des PM_{2,5} et les issues de grossesse négatives devrait être publié en 2021. (CP : Éric Lavigne)

Le SARS-CoV-2 sous forme d'aérosols dans les hôpitaux et les établissements de soins de longue durée au cours de la pandémie de COVID-19

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. Pour appuyer la réponse à la pandémie de COVID-19, Santé Canada a mis à profit son expertise en matière de surveillance des aérosols et a contribué à clarifier les risques de transmission outre les contacts étroits. Peu d'études ont quantifié les concentrations en aérosols de SARS-CoV-2 dans les hôpitaux et les établissements de soins de longue durée. Les études au cours desquelles une évaluation de la viabilité des échantillons a été réalisée sont encore plus rares. Pour obtenir ces renseignements, l'équipe de recherche a déployé des échantillonneurs de particules d'air dans des salles d'hospitalisation et des unités de soins intensifs où se trouvaient des patients atteints de la COVID-19, ainsi que dans des chambres d'établissements de soins de longue durée aux prises avec des éclosions. Les échantillonneurs étaient placés à une distance de deux à trois mètres des patients. Les échantillons d'aérosols (des petites particules liquides en suspension dans l'air) ont été recueillis dans des filtres de gélatine au moyen d'échantillonneurs d'air personnel à ultrasons (Ultrasonic Personal Air Samplers [UPAS]) munis de buses qui s'adaptent à la taille des particules. Ces dispositifs ont été en marche pendant 16 heures, après quoi les échantillons ont été analysés pour détecter la présence de particules viables du virus SARS-CoV-2 et le génome viral par amplification en chaîne par polymérase (PCR). Les méthodes d'échantillonnage ont été approuvées par le Laboratoire national de microbiologie. En tout, 138 échantillons ont été recueillis dans 99 chambres. Aucun virus viable n'a été décelé, mais une faible quantité du génome de SARS-CoV-2 a été détecté dans environ 15 % des chambres à l'étude. Le projet a été réalisé en collaboration avec l'Agence de la santé publique du Canada et des partenaires de

l'Université du Manitoba et de l'Université d'Ottawa. (CP : Gary Mallach)
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0258151>.

Indicateur sur les tendances air-santé : faits récents et mises à jour

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé des Canadiens posés par la pollution atmosphérique extérieure dans le cadre de l'Initiative horizontale : Lutte contre la pollution atmosphérique (IH LCPA). L'indicateur sur les tendances air-santé (ITAS) fournit des renseignements sur l'évolution temporelle des risques pour la santé liés à l'exposition à la pollution atmosphérique extérieure. L'ITAS mesure les variations quotidiennes des décès non accidentels, y compris des décès attribuables à des problèmes cardiaques, circulatoires et respiratoires, dans les jours suivant l'exposition à deux principaux polluants atmosphériques, soit l'ozone troposphérique et les particules fines ($PM_{2,5}$). L'ITAS actuel s'appuie sur les données de 22 à 24 grandes villes de partout au Canada et tient compte des différences géographiques liées à la concentration de la pollution atmosphérique et au climat sur 29 ans (ozone) et sur 12 ans ($PM_{2,5}$). Les mises à jour et rapports de l'ITAS sont publiés sur le site Web d'Environnement et Changement climatique Canada, où ils sont mis à la disposition du public canadien depuis 2011. L'ITAS sera mis à jour régulièrement en fonction de cinq facteurs : la période d'étude, le nombre de villes, les résultats en matière de santé, les sous-populations à risque et la perspective quant à l'exposition à court terme. Des données sur la santé plus récentes, qui proviennent de 2013 à 2015 et d'autres villes ont été intégrées à l'étude de manière à fournir des estimations plus fiables et moins biaisées des risques pour la santé publique. De plus, les hospitalisations quotidiennes, qui représentent environ dix fois le taux de mortalité quotidienne, font maintenant l'objet d'un suivi en parallèle avec la mortalité, ce qui permet aux chercheurs de disposer de plus de renseignements sur les motifs d'hospitalisation. Les sous-populations, comme les personnes âgées (plus de 65 ans), seront analysées en fonction de l'âge et du sexe biologique, car on s'attend à ce que ces groupes soient plus sensibles à la pollution atmosphérique. Enfin, l'exposition à la pollution atmosphérique peut être de courte durée ou de longue durée : cependant, aucune définition de ces deux concepts ne fait consensus. Puisqu'il s'agit d'une étude continue, de nouveaux modèles statistiques avancés seront mis au point dans le cadre du projet pour que l'on puisse mieux comprendre les décès et les hospitalisations qui sont attribuables à l'exposition concomitante à deux polluants atmosphériques et ainsi estimer le risque combiné qu'ils posent pour la santé. Les résultats de l'étude peuvent être utilisés pour orienter de futures études sur les sous-populations sensibles à la pollution atmosphérique extérieure. (CP : Hwashin Shin)

Enquête en ligne sur les systèmes de ventilation de cuisine dans les maisons au Canada

D'après le Document de conseils sur les particules fines ($PM_{2,5}$) dans l'air intérieur résidentiel de Santé Canada, la cuisson est l'une des principales sources intérieures de $PM_{2,5}$, et les cuisinières au gaz seraient une importante source intérieure de dioxyde d'azote (NO_2). Lors de la cuisson, il importe d'assurer une ventilation suffisante de la cuisine pour réduire l'exposition. Les données publiées sur les comportements associés à la cuisson et à la ventilation résidentielles sont limitées. Plus particulièrement, on en sait peu sur la popularité et les habitudes d'utilisation des systèmes de ventilation de cuisine dans les maisons canadiennes. En l'absence de données sur l'utilisation normale de la ventilation naturelle et mécanique lors de la cuisson, les estimations de l'exposition pourraient être erronées. Pour combler cette lacune, on a réalisé une enquête en ligne à l'échelle nationale visant à recueillir des renseignements sur les caractéristiques de la cuisson et l'utilisation de la ventilation de cuisine dans les maisons canadiennes. L'échantillonnage a été établi au moyen d'une méthode fondée sur les probabilités qui a permis d'équilibrer chaque groupe de l'échantillon en fonction de l'âge, du sexe, de la région et du revenu du ménage de manière à obtenir des résultats représentatifs. L'enquête a été réalisée du 13 janvier au 24 février 2020 et a permis de recueillir des réponses auprès de 4 500 foyers à l'échelle du Canada. Les réponses de l'enquête serviront à établir un profil des

caractéristiques et de l'utilisation des systèmes de ventilation de cuisine dans les maisons au Canada et à déterminer ce que la population sait en matière de ventilation de cuisine et d'exposition aux polluants de l'air intérieur lors de la cuisson. Les résultats peuvent être utilisés pour appuyer une modélisation plus exacte des effets de la cuisson sur la qualité de l'air intérieur et pour éclairer les stratégies de gestion des risques. Un rapport sur les résultats sera publié sur le site Web de Santé Canada en 2021. (CP : Liu Sun)

[Analyses des fonctions concentration-réponse non linéaires pour les expositions à court terme à la pollution atmosphérique](#)

Santé Canada cherche à comprendre les effets négatifs sur la santé humaine associés à la pollution atmosphérique. La majorité des méthodes classiques d'évaluation des risques posés par la pollution de l'air extérieur sont fondées sur des modèles de risque linéaires. Un grand nombre des modèles de risque de l'Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) sont également linéaires. Cependant, selon de nouvelles données, les modèles de risque linéaires ne sont peut-être pas la meilleure façon de caractériser les relations entre les concentrations de polluants dans l'air extérieur et la santé. Dans la présente étude, de nouveaux modèles de risque non linéaires ont été utilisés pour évaluer les relations entre l'exposition à court terme et les effets sur la santé. Les données obtenues sur les visites aux urgences pour des problèmes cardiaques et l'exposition au dioxyde d'azote, ainsi que sur les maladies respiratoires et l'exposition à l'ozone ambiant sont utilisées pour l'élaboration des modèles. Les courbes concentration-réponse établies pour une série d'expositions selon différents intervalles de temps sont résumées comme une fonction paramétrique commune. La fonction construite est appliquée pour représenter le risque établi selon la concentration. L'étude permet de produire des connaissances sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé représentés sous forme de courbes concentration-réponse et met au point une méthode servant à générer des fonctions non linéaires pour représenter les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine. (CP : Mieczysław Szyszkowicz)

[Mise à jour de la Cote air santé par l'élargissement de la couverture temporelle et spatiale](#)

Santé Canada a pour mandat d'évaluer les risques pour la santé associés aux sources et aux composantes de la pollution de l'air en définissant les populations vulnérables particulières et en aidant la population canadienne à maintenir et à améliorer son état de santé. La Cote air santé (CAS) est un outil de communication quotidienne important qui fournit une orientation aux membres du public pour leur permettre de protéger leur santé contre les effets néfastes d'une exposition à court terme à la pollution atmosphérique extérieure. La CAS résume les risques individuels associés à trois polluants atmosphériques majeurs, soit l'ozone troposphérique, le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules fines (PM_{2,5}). Ce projet permettra de mettre à jour et d'améliorer la CAS en ce qui concerne les quatre éléments suivants : 1) amélioration de la modélisation; 2) élargissement des domaines d'étude; 3) prise en compte de périodes d'étude plus récentes; 4) résultats supplémentaires pour la santé. Premièrement, la CAS est fondée sur trois modèles de polluants uniques pour les trois polluants atmosphériques distincts, ce qui pourrait entraîner une sous-estimation ou une surestimation des valeurs selon leurs corrélations. Il est souhaitable de représenter entièrement l'effet des expositions combinées sur la santé, en tenant compte des interactions entre les trois polluants atmosphériques. Deuxièmement, bien que la CAS soit conçue pour une utilisation à l'échelle nationale, elle est fondée sur des zones urbaines seulement, en raison de la disponibilité des données sur la pollution atmosphérique; il est donc souhaitable de l'étendre aux régions rurales et à d'autres régions urbaines. En ce qui concerne la période visée, l'outil est fondé sur les données de 1991 à 2000. Depuis 2000, le profil démographique du Canada, le profil de la qualité de l'air et les soins médicaux ont connu des changements, ce qui pourrait avoir modifié la relation entre l'exposition et les résultats pour la santé au

fil du temps. Par conséquent, il est nécessaire d'élargir la période visée pour inclure les années récentes (2001 à 2015). Troisièmement, la CAS tenait compte de la mortalité, mais elle tiendra désormais aussi compte des hospitalisations. Les résultats de l'étude fourniront de nouveaux renseignements sur les effets néfastes sur la santé attribuables aux trois principaux polluants atmosphériques, ce qui permettra d'améliorer les communications quotidiennes avec les Canadiens et de protéger ces derniers des risques évitables. (CP : Hwashin Shin)

[Association entre la pollution atmosphérique et la dynamique de la pandémie de COVID-19 au Canada](#)

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. La propagation du SARS-CoV-2, comme la propagation d'autres virus respiratoires, peut être due à la transmission facile de gouttelettes respiratoires dans l'air, ce qui expose le virus aux conditions environnementales extérieures. L'exposition à court terme à la pollution atmosphérique est un facteur de risque d'infections respiratoires. D'ailleurs, un nombre croissant de données probantes indique que les petites particules peuvent faciliter le transport et la propagation du SARS-CoV-2, une découverte qui a de profondes conséquences. La pollution atmosphérique pourrait également épuiser les défenses immunitaires et ainsi accroître la sensibilité à l'infection. Cette étude de cas croisée épidémiologique vise à évaluer l'effet à court terme de la pollution atmosphérique sur les cas confirmés de COVID-19 dans l'ensemble des régions sanitaires du Canada. Plus précisément, des données environnementales pour chaque région sanitaire du Canada seront utilisées et permettront d'évaluer si les changements quotidiens concernant la pollution atmosphérique ont une incidence sur le taux de transmission de la COVID-19 d'un jour à l'autre. Un manuscrit a été soumis en vue d'une publication en juin 2021. Les résultats devraient être publiés au cours de l'année 2021. (CP : Éric Lavigne)

[Associations entre les composés organiques volatils dans le sang et les changements dans les profils hématologiques et biochimiques dans une étude en population \(IH LCPA\)](#)

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques, pour la santé des Canadiens, associés à l'exposition aux polluants atmosphériques dans l'environnement. Dans la présente étude, Santé Canada a évalué l'influence de l'exposition aux composés organiques volatils (COV) sur les paramètres hématologiques et biochimiques sériques au sein de la population canadienne. Les associations entre, d'une part, les COV et, d'autre part, les profils hématologiques, les tests sériques de la fonction hépatique et rénale, et le métabolisme du glucose ne sont pas bien établies. À l'aide de modèles linéaires généralisés mixtes ajustés en fonction de l'âge, du sexe, du tabagisme, de la consommation d'alcool, de l'indice de masse corporelle (IMC), de la scolarité et du revenu du ménage, les associations entre certains COV et les profils hématologiques, les tests sériques de la fonction hépatique et rénale, et le métabolisme du glucose ont été analysées chez 3 950 participants à l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). La présente étude montre que l'exposition aux COV, aux concentrations observées dans la population canadienne, peut influencer la numération globulaire et les indicateurs de la fonction hépatique et rénale. Il a été avancé que l'hyperfiltration rénale serait un mécanisme qui expliquerait la relation inverse entre les concentrations sériques de COV et de créatinine. (CP : Sabit Cakmak)

[Étude de modélisation de l'exposition spatiale et temporelle à Calgary \(étude MEST Calgary\)](#)

Les zones atmosphériques canadiennes représentent un mélange complexe d'utilisations urbaines et rurales des terres qui sont assujetties aux répercussions de diverses sources d'émissions. La plus grande difficulté en matière de gestion de la qualité de l'air local réside dans la détermination des sources de pollution qui engendrent les plus grandes répercussions sur l'exposition et la santé humaines. La présente étude consistait à prendre des mesures de la pollution de l'air en été et en hiver à 125 emplacements à Calgary et dans les zones rurales avoisinantes, ainsi qu'à obtenir des mesures

pendant toute une année dans un sous-ensemble de sites d'échantillonnage. Ces mesures ont été combinées aux données sur les émissions et l'utilisation des terres afin de déterminer les contributions des sources et de cartographier l'exposition à court terme (quotidienne et hebdomadaire) et à long terme (saisonniers et annuelle) aux polluants atmosphériques (NO₂, COV, PM₁₀, PM_{2,5}, carbone noir et métaux) dans les collectivités visées. Les données sur la pollution de l'air recueillies dans le cadre de l'étude seront appliquées à des cohortes de santé existantes afin d'examiner divers effets néfastes sur la santé. Les résultats de l'étude serviront également à élaborer et à évaluer, en collaboration avec les gestionnaires de zones atmosphériques à l'échelle locale et provinciale, des stratégies axées sur l'amélioration de la qualité de l'air local et la réduction des risques pour la santé. Un manuscrit initial devrait être publié en 2021. D'autres modèles de régression de l'utilisation des terres concernant le NO₂ seront terminés d'ici l'automne 2021. (CP : Markey Johnson)

Étude sur la pollution de l'air marin dans la région atlantique du Canada (étude CAMAPS)

Les grands navires utilisaient auparavant du combustible de soute, qui contribuait de façon importante à la pollution atmosphérique dans les régions à proximité des ports commerciaux et des voies maritimes, et qui nuisait à la qualité de l'air à l'intérieur des terres en raison du déplacement de masses d'air polluées. Entre 2012 et 2015, un règlement sur les carburants marins à faible teneur en soufre a été mis en œuvre pour les grands navires qui naviguent dans les eaux côtières et les ports du Canada. Le règlement vise à réduire les émissions de SO₂ et de PM_{2,5} des navires, améliorant ainsi la qualité de l'air ambiant dans les villes portuaires canadiennes. L'étude sur la pollution de l'air marin dans la région atlantique du Canada (étude CAMAPS) porte sur l'analyse de l'incidence du règlement sur l'exposition ambiante des Canadiens qui vivent à Halifax, en Nouvelle-Écosse. On a effectué un échantillonnage sur une période d'un an afin d'établir la teneur des principaux polluants atmosphériques (SO₂, PM_{2,5}, NO₂, CO, O₃) dans l'air ambiant et la composition élémentaire des PM_{2,5}. Ces mesures ont été prises dans des zones situées dans la direction du vent et contre le vent (vents dominants) au port d'Halifax, à l'entrée du bassin de Bedford et à certains endroits précis dans les collectivités. L'échantillonnage visait à appuyer les comparaisons avant et après la mise en œuvre du règlement, les comparaisons intra-urbaines et les modèles de répartition des sources. En vue d'évaluer les répercussions possibles sur la santé humaine découlant de la mise en œuvre du règlement, on a également mesuré, dans le cadre de l'échantillonnage, la concentration de carbone noir. L'analyse inclura les estimations concernant l'exposition en équivalent toxique pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) associés aux PM_{2,5}. Des ensembles de données sur le terrain ont été produits. Jusqu'à présent, les résultats indiquent que le règlement sur les carburants marins à faible teneur en soufre a permis de réduire considérablement la concentration de SO₂ dans l'air ambiant et a contribué à une amélioration modérée de la qualité de l'air à Halifax pour ce qui est des particules. La modélisation de la répartition des sources servira à quantifier les émissions de PM_{2,5} et de substances toxiques connexes dans l'air ambiant (p. ex. les métaux lourds) provenant du secteur maritime avant et après l'entrée en vigueur du règlement et à les comparer aux émissions provenant d'autres types de sources liées et non au transport. Un article scientifique analysant l'efficacité du règlement sur les carburants marins à faible teneur en soufre a été publié en 2021. (CP : Angelos Anastasopoulos)

Étude CanEPIC : étude canadienne sur l'environnement, la grossesse, le nourrisson et l'enfant

L'exposition à la pollution de l'air ambiant pendant la grossesse a été associée à un faible poids à la naissance, à une naissance prématurée, à des effets sur la santé maternelle ainsi qu'à plusieurs maladies atopiques infantiles et troubles neurologiques du développement. Cependant, les données probantes sur les effets de la pollution atmosphérique sur ces résultats sont toujours limitées en raison d'autres facteurs pouvant intervenir dans cette relation complexe, lesquels n'ont peut-être pas été pris en compte dans les études antérieures (p. ex. le tabagisme et la consommation d'alcool pendant la

grossesse, l'indice de masse corporelle maternel, la prise de poids chez la mère pendant la grossesse, les affections concomitantes chez la mère). D'autres données probantes sont également requises au sujet de l'exposition à la fumée des feux de forêt pendant la grossesse et des effets d'autres facteurs environnementaux urbains importants (p. ex. espaces verts, accessibilité piétonnière, bruit, chaleur) sur les issues défavorables de la grossesse ainsi que les résultats défavorables chez la mère et pendant l'enfance. La présente étude vise à évaluer le risque lié à l'exposition à la pollution atmosphérique sur l'issue de la grossesse, les complications chez la mère pendant la grossesse et les maladies de l'enfance tout en tenant compte des expositions complexes à d'autres facteurs environnementaux présents dans les milieux urbains. Les résultats de l'étude seront utilisés pour appuyer les évaluations des risques, la prise de décisions en matière de réglementation et les messages sur la santé de Santé Canada visant à s'attaquer aux répercussions de la pollution atmosphérique. Un manuscrit scientifique sur les interactions entre les facteurs environnementaux urbains et la santé maternelle sera publié en 2021. Les résultats sur l'effet des feux de forêt sur les issues défavorables de la grossesse au Canada seront disponibles pour présentation en 2021. (CP : Éric Lavigne)

Maladies chroniques et pollution de l'air : étude de la trajectoire de la maladie et des interventions (étude ROUTE)

Au cours des dix dernières années, de plus en plus de données probantes ont établi des liens entre de faibles niveaux de pollution de l'air ambiant et un risque accru de mortalité prématurée à l'échelle mondiale. Cependant, des questions importantes demeurent sans réponse : les voies et les mécanismes exacts par lesquels l'accumulation des expositions à la pollution atmosphérique provoque la mort prématurée nécessitent des études plus approfondies. Comme la santé est un état dynamique qui peut comprendre des épisodes successifs de bonne et de mauvaise santé, ces renseignements sont essentiels pour appuyer les directives sanitaires et pour évaluer le fardeau de la pollution atmosphérique. Santé Canada mène une étude visant à déterminer l'importance du rôle de l'exposition à la pollution atmosphérique dans les trajectoires de santé individuelles et les différentes évolutions sur le plan physiologique. Grâce à une meilleure compréhension des façons dont la pollution de l'air modifie les trajectoires de santé, il sera possible de définir les principales voies d'importance en santé publique et d'orienter les politiques publiques. Le deuxième objectif de l'étude ROUTE consiste à évaluer de façon plus approfondie l'efficacité de certaines interventions mises en œuvre à grande échelle ou interventions individuelles et stratégiques possibles visant à réduire les effets de la pollution atmosphérique sur la santé. La pollution de l'air a d'importantes répercussions sur la santé publique et l'économie, mais il existe une grande incertitude quant aux mesures qui peuvent être prises pour réduire ses effets. Pour atteindre ses deux objectifs, l'étude ROUTE tirera profit des sources de mégadonnées et de l'utilisation de méthodes d'inférence causale de pointe. Les résultats de l'étude permettront de combler des lacunes importantes dans la recherche sur les effets de la pollution de l'air sur la santé et d'appuyer les décisions stratégiques ainsi que les mesures publiques liées à l'atténuation des effets de la pollution de l'air au Canada et ailleurs. (CP : Hong Chen)

Étude d'intervention sur la pollution atmosphérique chez les navetteurs

La pollution atmosphérique liée à la circulation automobile (PACA) est un facteur grandement reconnu qui contribue à la formation du smog, en plus d'être associée à des effets néfastes sur la santé. Même si les polluants liés à la circulation automobile peuvent parcourir de longues distances, l'exposition aux niveaux d'émission les plus élevés survient à proximité de la source, par exemple à l'intérieur de la voiture dans des conditions de circulation dense. Le temps passé à l'intérieur du véhicule peut contribuer à la moitié de l'exposition quotidienne des navetteurs à certains polluants atmosphériques. La plupart des voitures neuves sont désormais dotées ou peuvent être dotées d'un filtre à air à l'intérieur de l'habitacle, mais on ignore l'efficacité avec laquelle le filtrage de cet air peut réduire

l'exposition à la PACA. Dans la présente étude d'intervention, nous avons mesuré l'exposition des navetteurs à la pollution atmosphérique dans la circulation à l'heure de pointe à l'automne 2014. Nous avons suivi des indicateurs de la santé cardiopulmonaire à court terme, comme la pression artérielle, la variabilité de la fréquence cardiaque et l'inflammation des voies respiratoires, en plus d'avoir mesuré les niveaux de polluants à l'intérieur et à l'extérieur des véhicules. Nous avons aussi mesuré les effets sur la cognition (processus mental et jugement) dans cet environnement du monde réel où tout déficit pourrait avoir des répercussions considérables sur la sécurité. Les résultats préliminaires indiquent que l'exposition à des polluants atmosphériques à l'intérieur de la voiture avait une incidence sur les fonctions cardiaques et cognitives des participants. Les filtres à air d'habitacle ont permis de réduire d'environ un tiers l'exposition aux particules à l'intérieur du véhicule. Les concentrations de polluants à l'intérieur de la voiture étaient particulièrement élevées dans les tunnels. La présente recherche aidera à comprendre la façon dont cet environnement contribue à l'exposition totale des Canadiens à la pollution atmosphérique et les effets possibles sur la santé, en plus de vérifier l'efficacité des filtres d'habitacle en guise de mesure d'intervention directe et économique pour réduire l'exposition. Une publication scientifique est anticipée en 2021. (CP : Gary Mallach)

Étude à long terme des modificateurs d'effet des associations entre l'exposition à la circulation routière et la mortalité par maladies cardiovasculaires, respiratoires et neurologiques au sein d'une cohorte canadienne (IH LCPA)

Les évaluations des risques réalisées par Santé Canada et par d'autres ministères et organismes fédéraux tiennent compte des données nationales sur la santé et des données à l'échelle de la population. La Cohorte du Recensement du Canada couplée avec des données fiscales et des données sur la mortalité compte 3,5 millions de répondants. Elle comprend des données sur les caractéristiques détaillées des individus et des ménages, ainsi que des données sur la mortalité jusqu'en 2016, notamment sur les maladies respiratoires, les complications cardiovasculaires, les cardiopathies ischémiques, les maladies vasculaires cérébrales, les maladies neurologiques, dont la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson, la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) et les maladies ayant des liens connus avec l'exposition à la circulation routière. Dans la présente étude, les données sur la densité de la circulation routière nationale seront mises en correspondance avec celles de la cohorte pour déterminer s'il existe une association entre la densité de la circulation routière et la mortalité par maladies cardiovasculaires, respiratoires et neurologiques et par diabète. On procédera ensuite à une évaluation pour établir si certains facteurs individuels ou environnementaux ont une incidence sur la vulnérabilité des individus aux effets néfastes de la densité de la circulation routière. Les facteurs examinés comprendront le statut socio-économique et sociodémographique, les conditions météorologiques et la quantité d'espaces verts (végétation) dans le quartier. La relation entre l'exposition à la circulation routière et la santé est présente dans le contexte du réchauffement et des changements climatiques, où les températures moyennes saisonnières élevées et les îlots de chaleur urbains (zones urbaines ou métropolitaines atteignant des températures considérablement plus chaudes que les zones rurales environnantes) pourraient alourdir le fardeau sanitaire et toucher de façon disproportionnée certains groupes socio-économiques. L'accès limité aux espaces verts en raison de l'aménagement urbain peut engendrer un stress supplémentaire pour les personnes, et les caractéristiques socio-économiques et sociodémographiques, les températures moyennes saisonnières à long terme, les îlots de chaleur urbains et le niveau de verdure résidentielle peuvent modifier l'association entre l'exposition à la circulation routière et la mortalité. Les résultats permettront de produire des estimations plus justes du risque lié à la circulation routière pour les sous-groupes de la population d'après leur statut socio-économique et sociodémographique grâce à la prise en compte des interactions complexes entre la santé et l'exposition à la circulation routière, les facteurs ou les

caractéristiques socio-économiques et sociodémographiques (âge, sexe, niveau de scolarité et revenu du ménage, statut d'emploi, appartenance à une minorité visible, statut d'immigrant), les conditions météorologiques, les microclimats et les espaces verts. (CP : Sabit Cakmak)

Élaboration de modèles d'exposition hybrides pour la prédiction des concentrations de pollution atmosphérique avec références spatiales et temporelles à l'échelle locale et nationale

Les modèles de régression de l'utilisation des terres (RUT) permettent d'obtenir des estimations à long terme de la pollution atmosphérique à une petite échelle spatiale, tandis que les modèles de transport chimique permettent d'estimer les concentrations de pollution atmosphérique avec références temporelles à une échelle spatiale grossière. La présente étude combine les modèles de RUT et les modèles de transport chimique pour produire des estimations spatiales et temporelles plus précises de l'exposition à la pollution atmosphérique à l'échelle locale et nationale. Le fait de disposer d'estimations plus précises de l'exposition à la pollution atmosphérique permettra d'améliorer notre capacité d'évaluer les risques pour la santé qui résultent d'une exposition à long terme et à court terme à la pollution atmosphérique. Les résultats auront pour effet de consolider les études épidémiologiques rétrospectives et prospectives grâce à la production d'estimations plus précises de l'exposition. Des modèles hybrides visant le NO₂ et les PM_{2,5} ont été créés pour une seule année expérimentale. Ces modèles, qui seront étendus à la période allant de 2000 à 2014, permettront d'estimer dans quelle mesure différents types de sources (p. ex. transports, industries, combustion de biomasse) contribuent à la présence de NO₂, de PM_{2,5} et de O₃ dans l'air ambiant. Les données issues du projet seront appliquées aux cohortes de santé existantes afin d'estimer les répercussions de la pollution atmosphérique à court terme dans les zones urbaines et non urbaines un peu partout au Canada et de faire ressortir les sources qui ont les plus grandes répercussions sur la santé à long terme. (CP : Markey Johnson)

Projet sur la qualité de l'air dans les arénas

Les surfaceuses alimentées par des combustibles fossiles (Zamboni®) émettent plusieurs polluants, notamment du dioxyde d'azote (NO₂) et du monoxyde de carbone (CO). Certains segments de la population qui fréquentent régulièrement les arénas (dont les enfants, les personnes âgées et les personnes atteintes d'asthme et d'autres affections cardiovasculaires et respiratoires) sont jugés vulnérables aux effets nocifs sur la santé découlant de l'exposition à ces polluants. Des partenaires provinciaux ont demandé de l'aide pour élaborer des pratiques exemplaires améliorées, fondées sur des données scientifiques, destinées à réduire les répercussions sur la santé liées à l'exposition à la pollution atmosphérique dans les arénas. À l'heure actuelle, il n'existe pas suffisamment de données sur les concentrations de polluants issus de la combustion (c.-à-d. le NO₂ et le CO) dans les arénas, ni de données probantes pour étayer l'efficacité des stratégies de réduction des polluants recommandées. La Section de l'évaluation des contaminants de l'air intérieur (SECAI) de Santé Canada a conçu une étude de recherche pour évaluer ces enjeux et y remédier. À l'hiver 2017-2018, les concentrations de polluants atmosphériques ont été mesurées de façon continue pendant sept jours dans quatre arénas à Ottawa et quatre arénas en Saskatchewan. Les résultats sont utilisés pour mieux comprendre les concentrations de polluants et les variations temporelles dans les arénas, et pour évaluer l'efficacité des différents types de matériel de surveillance portatif. La seconde phase de l'étude, menée à l'hiver 2019-2020, a permis d'évaluer les stratégies de réduction de la pollution dans les arénas, y compris les répercussions associées aux différents types de combustibles utilisés dans les surfaceuses et aux modifications des pratiques de ventilation. Les données servent actuellement à élaborer des pratiques exemplaires que les partenaires provinciaux, territoriaux et municipaux peuvent mettre en œuvre pour assurer la qualité de l'air dans les arénas. La publication des résultats de recherche et des pratiques exemplaires est prévue pour l'exercice 2021-2022. (CP : Aaron Wilson; Christie Cole; Corinne Stocco; Morgan MacNeill)

Répercussions de la variation temporelle des émissions industrielles de polluants atmosphériques sur l'incidence de l'asthme chez les enfants au Québec – une étude sur l'approche en matière de reddition de compte

Les émissions industrielles contribuent aux concentrations de polluants atmosphériques locales et régionales. Au Québec, une diminution importante des émissions industrielles de polluants atmosphériques a été observée dans les dernières décennies en raison de la fermeture d'usines et de mesures réglementaires du gouvernement. Une telle diminution permet d'évaluer les avantages potentiels pour la santé liés à la réduction des émissions. En collaboration avec l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et l'Université de Toronto, Santé Canada mène une étude sur les associations entre la variation temporelle de l'exposition aux émissions industrielles de particules fines ($PM_{2,5}$), de dioxyde d'azote et de dioxyde de soufre dans l'air ambiant et l'incidence de l'asthme chez les enfants au Québec. Les chercheurs ont établi une cohorte de naissance constituée d'enfants résidant au Québec entre 2002 et 2015 pour étudier l'incidence de l'asthme. Un modèle de transport des substances chimiques est utilisé aux fins de l'estimation des concentrations de polluants dans l'air ambiant provenant des secteurs de l'industrie et du transport. Les changements annuels relatifs à l'exposition aux polluants de l'air ambiant émis par les secteurs industriels dans chacune des petites zones (secteurs de recensement dans les centres urbains et territoires des services de santé locaux dans les zones rurales) seront estimés. Les associations entre les concentrations de polluants de l'air ambiant provenant des émissions de l'industrie et l'apparition de l'asthme chez les enfants seront étudiées au moyen de régressions en différences premières et à effets fixes. Les secteurs industriels particuliers du raffinage de pétrole, des fonderies de métaux et des usines de pâtes et papiers seront étudiés séparément. Grâce à la relation concentration-réponse générée par la présente étude, il pourrait être possible de modéliser les avantages potentiels pour la santé associés aux scénarios stratégiques en ciblant les émissions de divers secteurs industriels. Le présent projet alimente les données probantes sur les répercussions des mesures réglementaires et non réglementaires prises par le gouvernement en matière d'émissions industrielles sur la santé pulmonaire des enfants. Les fonctions concentration-réponse découlant du projet pourraient permettre d'estimer les coûts-avantages liés à la réduction des émissions industrielles et de déterminer les secteurs industriels qui doivent faire l'objet de mesures de gestion de la qualité de l'air en priorité. (CP : Ling Liu)

Qualité de l'air intérieur et incidence sur la santé respiratoire des enfants dans les réserves des Premières Nations de la zone de Sioux Lookout

Selon la Société canadienne de pédiatrie, le logement a une incidence directe sur la santé des enfants et des jeunes. Les logements surpeuplés et inadéquats, qui contribuent à l'augmentation du nombre d'enfants hospitalisés pour des maladies des voies respiratoires, représentent un problème qui touche de façon disproportionnée les Premières Nations et les Inuits. Il a été démontré que les taux d'asthme, de bronchiolite et de pneumonie sont élevés chez les enfants autochtones des communautés de la zone de Sioux Lookout (autorité sanitaire des Premières Nations de Sioux Lookout) au nord de l'Ontario, mais il y a peu d'information sur la qualité de l'environnement intérieur. Une évaluation préliminaire a été effectuée en collaboration avec les autorités locales, laquelle a révélé la présence d'humidité et de contaminants liés aux poêles à bois, ainsi que d'autres problèmes, dans les logements. La présente étude vise à évaluer la qualité de l'environnement intérieur des logements de 50 à 100 enfants qui vivent dans quatre communautés isolées de la région, en fonction de la santé respiratoire et du recours aux services de soins de santé. Cette démarche comprend des consultations auprès des conseils de hameau des communautés visées et des médecins hygiénistes locaux. Les ménages ayant donné leur consentement reçoivent un questionnaire à remplir sur la santé respiratoire de leur plus jeune enfant, et une inspection normalisée des logements est effectuée de concert avec des représentants des bandes.

On examinera les données de base enregistrées sur la qualité de l'environnement intérieur et le lien entre celles-ci et la santé respiratoire de l'enfant. En travaillant plus efficacement avec les communautés, nous pourrions définir des améliorations simples à apporter aux résidences et d'autres interventions sur les bâtiments qui pourraient améliorer la santé respiratoire des populations vulnérables. Les conclusions de l'étude serviront aussi à guider des études ou des interventions semblables ultérieures dans des réserves des Premières Nations éloignées partout au Canada. Les travaux sur le terrain ont été terminés au printemps 2019, et l'analyse des données est en cours. Des rapports ont été rédigés pour les quatre communautés participantes des Premières Nations, et du soutien a été fourni aux autorités responsables du logement pour appuyer la formation de techniciens locaux sur les enjeux relatifs à la qualité de l'air. Un article devrait être publié en 2021. (CP : Gary Mallach)

Projet de modélisation urbaine intégrée

Dans le cadre du plan du gouvernement fédéral visant la prise de mesures pour s'attaquer à la pollution atmosphérique au Canada, des chercheurs de l'Université de Windsor, de Santé Canada et de l'Université Ryerson travaillent, dans un effort concerté, à l'élaboration d'outils destinés à appuyer les organismes locaux et fédéraux dans la prise de décisions qui permettront de réduire la pollution de l'air en zone urbaine et de bâtir des villes plus saines. Les modèles urbains intégrés sont des plateformes de simulation complexes qui fonctionnent comme un laboratoire virtuel afin de permettre aux urbanistes et aux décideurs d'évaluer les répercussions associées aux décisions et aux politiques en matière de développement et de transport. La présente étude permettra d'inclure l'exposition à la pollution atmosphérique, ses effets sur la santé et d'autres indicateurs de durabilité à SMARTPLANS, une plateforme de modélisation urbaine intégrée existante. L'étude aidera à évaluer différentes politiques de planification du transport et d'utilisation des terres et à rendre les villes canadiennes plus saines. Plus précisément, la plateforme SMARTPLANS utilisera les données sur le transport local, l'utilisation des terres, l'activité économique et l'activité liée aux déplacements, ainsi que des indicateurs concernant la pollution atmosphérique, la santé et l'économie pour simuler des changements dans les infrastructures et les politiques relatives à l'utilisation des terres et au système de transport. La simulation de ces changements permettra d'examiner quelles décisions optimiseraient les avantages sociaux et économiques, tout en réduisant les effets néfastes sur l'environnement et la santé. La plateforme SMARTPLANS contribuera à promouvoir des villes plus saines en facilitant l'analyse des répercussions qu'auraient différentes décisions en matière de planification et de politiques sur un ensemble d'indicateurs sociaux, économiques, environnementaux et sanitaires, dont l'exposition à la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé des Canadiens. L'étude produira un outil convivial de soutien à la planification qui sera offert gratuitement aux décideurs, aux gestionnaires de zone atmosphérique, aux chercheurs, aux professionnels de la santé publique et à d'autres intervenants partout au Canada. La plateforme SMARTPLANS sera déployée dans cinq villes au Canada, à savoir London, Halifax, Vancouver, Ottawa et Calgary. (CP : Markey Johnson)

Interaction entre les variants de gènes et la pollution atmosphérique chez les participants à des études par panel sur la Cote air santé

Des travaux de recherche sont nécessaires pour améliorer notre compréhension des mécanismes biologiques sous-jacents des effets de la pollution atmosphérique sur la santé, en particulier pour les associations concernant les faibles concentrations de pollution observées au Canada. Des recherches doivent également être menées pour mieux caractériser et réduire les risques pour la santé associés à la pollution atmosphérique chez les Canadiens, surtout chez les groupes vulnérables. La présente étude s'inscrit dans le mandat de Santé Canada pour ce qui a trait aux facteurs qui influencent la vulnérabilité aux effets néfastes de la pollution atmosphérique, et elle aura des répercussions sur la prise de décisions

en matière de réglementation et les messages relatifs à la santé. Les études récentes semblent indiquer que les différences génétiques héréditaires communes pourraient influencer la sensibilité des personnes aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Plus précisément, les gènes intervenant dans les réponses au stress oxydatif ont été étudiés et désignés comme des facteurs pouvant altérer la sensibilité à la pollution atmosphérique. De 2013 à 2015, des échantillons d'ADN ont été prélevés dans la salive de 176 participants à des études par panel sur la Cote air santé (CAS). Les participants ont également fourni pendant 10 semaines des données quotidiennes et hebdomadaires sur leur santé (tests de la fonction pulmonaire et cardiovasculaire, symptômes et activités). À ce jour, tous les échantillons ont été analysés; les participants ont fait l'objet d'une caractérisation en fonction de la présence de 23 variants de gènes et se sont vu attribuer un score génétique global tenant compte de la présence combinée de variants multiples. Au cours de la prochaine phase, l'analyse des données sur les mesures de la santé permettra, d'une part, de déterminer si les effets de la pollution atmosphérique sur la santé diffèrent chez les personnes selon qu'elles présentent ou non ces variants de gènes et, ainsi, d'évaluer l'importance du stress oxydatif comme mécanisme intervenant dans les effets de la pollution atmosphérique, et, d'autre part, de déterminer si les données sur la morbidité vont dans le sens de la formule du CAS fondée sur la mortalité (outil d'information publique). Les résultats pourraient fournir des renseignements biologiques importants sur la façon dont les niveaux de pollution, même très faibles, peuvent avoir des répercussions sur la santé et pourraient permettre d'établir des liens mécanistes possibles entre la pollution de l'air et les effets sur la santé. Ces renseignements pourraient être utiles ultérieurement pour l'élaboration d'interventions ou de messages visant à protéger les personnes présentant une sensibilité génétique aux effets du stress oxydatif provoqué par la pollution atmosphérique. (CP : Dave Stieb)

[Effets combinés de l'exposition aux aéroallergènes et aux polluants atmosphériques extérieurs en milieu urbain](#)

L'exposition à court terme aux aéroallergènes a été associée à l'exacerbation des symptômes d'asthme et d'allergie. Les effets combinés des aéroallergènes et des polluants atmosphériques extérieurs sur l'aggravation de l'asthme ont également fait l'objet d'études; cependant, les résultats ne sont pas concluants. En outre, de plus en plus de données probantes indiquent que l'exposition aux polluants atmosphériques extérieurs au cours de la grossesse et au début de la vie de l'enfant contribue à l'apparition de symptômes d'asthme et d'allergie chez les enfants. On en sait peu sur les effets combinés de l'exposition aux aéroallergènes et à la pollution atmosphérique sur la santé des enfants. Une des principales limites des études épidémiologiques publiées est que l'exposition a généralement été évaluée à l'aide de données sur le pollen provenant d'un seul ou de quelques postes de surveillance dans chaque ville. Par conséquent, les données actuelles ne tiennent pas compte de l'hétérogénéité spatiale intra-urbaine des concentrations de pollen. On dispose donc de renseignements moins exacts pour évaluer l'exposition dans le cadre de l'étude des effets possibles sur la santé humaine et des effets potentiels de l'interaction avec la pollution atmosphérique extérieure. Dans ce contexte, un modèle de régression de l'utilisation des terres (RUT) fondé sur des facteurs environnementaux sera mis au point pour prévoir la variabilité des concentrations de pollen à de petites échelles spatiales dans la ville de Toronto. Les résultats, qui sont attendus à l'automne 2019, seront publiés en 2020. Au moyen des données de l'étude CHILD (Canadian Healthy Infant Longitudinal Development), une cohorte de naissance financée par les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) et par Santé Canada, on évaluera les effets combinés de l'exposition aux polluants atmosphériques extérieurs et aux aéroallergènes sur l'incidence de l'asthme chez les enfants canadiens. Un article scientifique sur la caractérisation des aéroallergènes au Canada a été publié en 2018. Un article scientifique fondé sur les résultats des effets combinés des aéroallergènes et de la pollution atmosphérique sur l'incidence des maladies atopiques, mesurés à l'aide des données de l'étude CHILD, sera publié en 2021. Un manuscrit

scientifique sur les variations spatio-temporelles des aéroallergènes dans la ville de Toronto sera publié en 2021. (CP : Éric Lavigne)

[Effets longitudinaux de la pollution atmosphérique, des aéroallergènes et des caractéristiques du milieu urbain dans la cohorte de l'étude TCHEQ \(questionnaire d'évaluation de la santé des enfants de Toronto\)](#)

Santé Canada cherche à mieux comprendre les multiples sources d'exposition qui sont associées aux caractéristiques diverses des milieux urbains. L'étude TCHEQ (questionnaire d'évaluation de la santé des enfants de Toronto) a permis d'établir une cohorte de 5 619 élèves de première et de deuxième années (âgés de 5 à 9 ans) de Toronto en 2006 et de recueillir des données détaillées sur la santé des enfants et des parents, les caractéristiques sociodémographiques et les expositions au domicile. Les cohortes canadiennes qui comptent autant d'enfants sont peu nombreuses. Dans l'étude initiale, la prévalence de l'asthme avait été associée au dioxyde d'azote chez les enfants présentant d'autres maladies allergiques, comme le rhume des foins et l'eczéma. Dans le cycle précédent du Programme de réglementation de la qualité de l'air (PRQA), on avait couplé les données des participants à l'étude TCHEQ avec les données sur l'utilisation des soins de santé de l'Ontario hébergées à l'Institut de recherche en services de santé (IRSS) pour déterminer le nombre de nouveaux cas d'asthme et d'autres maladies allergiques 10 ans après l'étude initiale, et pour examiner les associations avec la pollution atmosphérique. À ce jour, les analyses révèlent que l'exposition aux polluants atmosphériques oxydants (ozone et dioxyde d'azote), mais non aux particules fines, est associée à un risque accru de nouveaux cas d'asthme et d'eczéma. Dans la présente phase de l'étude, les analyses porteront sur l'incidence des maladies allergiques en association avec le potentiel oxydant et les aéroallergènes (pollens et spores), établiront des liens entre la cohorte et d'autres résultats, comme le développement de la petite enfance, et actualiseront les couplages avec les données sur les soins de santé 15 ans après l'étude initiale. Une meilleure compréhension des effets longitudinaux de la pollution atmosphérique et des aéroallergènes, et la capacité d'exercer un contrôle sur les sources d'exposition viennent appuyer les efforts de Santé Canada relativement au processus décisionnel réglementaire et aux messages relatifs à la santé. (CP : Dave Stieb)

[Exposition de longue durée à la pollution de l'air ambiant et effets sur la santé cardiovasculaire, respiratoire et neurologique chez les personnes âgées : Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement](#)

L'Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement (ELCV) est une étude nationale menée à l'échelle de la population sur une période de 20 ans. Tous les trois ans, elle recueille des données sur la santé, le mode de vie, les transitions socio-économiques et les trajectoires de 50 000 Canadiens âgés de 45 à 85 ans. Santé Canada souhaite établir avec l'ELCV une collaboration qui durera jusqu'à la fin du suivi afin d'évaluer les effets de la pollution de l'air ambiant sur le vieillissement en santé. Le projet actuel vise à évaluer, sur une période de six ans, les modifications du fonctionnement cognitif et l'incidence des maladies cardiaques, pulmonaires et neurologiques associées aux concentrations d'ozone (O₃), de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules fines (PM_{2,5}) dans le quartier. L'exposition sera estimée à l'aide de données issues de la surveillance par satellite, d'instruments de mesure terrestres du Réseau national de surveillance de la pollution de l'air (RNSPA) d'Environnement et Changement climatique Canada, ainsi que de modèles de régression de l'utilisation des terres si nécessaire. La pollution atmosphérique liée à la circulation automobile sera estimée par la proximité de la résidence avec les routes. Le projet a déjà reçu du financement de l'Initiative horizontale : Lutte contre la pollution atmosphérique (IH LCPA) (2016-2019) pour les trois premières années du suivi. Il vise à mettre à jour le couplage et l'analyse des données (de l'ELCV concernant la pollution de l'air et le climat) de manière à y ajouter trois années de suivi, pour un total de six années. L'étude longitudinale aidera à éclaircir les effets de la qualité de l'air sur la santé des personnes âgées et à jeter les bases nécessaires à la poursuite de cette étude de longue durée sur une période de 20 ans. Un objectif secondaire du projet est de déterminer s'il existe des

sous-groupes vulnérables en stratifiant les résultats par sexe, par niveau de scolarité, par revenu, par milieu (rural ou urbain) et par présence (au début de l'étude) de maladies comorbides chroniques, notamment le diabète, les maladies cardiovasculaires et la maladie pulmonaire obstructive chronique. L'étude sera unique et fournira quelques-unes des données les plus définitives sur la relation entre la qualité de l'air et le fonctionnement cognitif au Canada. (CP : Bob Dales)

[Projet de laboratoire sur la pollution atmosphérique par les microplastiques et d'étude de l'exposition connexe \(LPAME\) : élaboration de méthodes de détection, de quantification et de caractérisation des microplastiques en suspension dans l'air](#)

Les microplastiques sont de petites particules de plastique dont la taille est inférieure à cinq millimètres. Pour répondre aux préoccupations croissantes relativement aux effets des microplastiques sur l'environnement et la santé humaine, le gouvernement du Canada dirige les efforts déployés à l'échelle internationale pour protéger l'environnement contre la pollution causée par les microplastiques. Afin d'appuyer le *Programme scientifique canadien sur les plastiques*, le gouvernement a accordé la priorité aux travaux de recherche portant sur : a) la détection, la quantification et la caractérisation des plastiques dans l'environnement; b) les effets sur la faune, la santé humaine et l'environnement. Très peu d'études prétendent mesurer les concentrations de microplastiques dans l'air; il est donc nécessaire d'élaborer des protocoles scientifiques rigoureux pour renforcer les efforts futurs. À ce jour, aucune étude ne s'est penchée sur les effets de l'exposition aux microplastiques en suspension dans l'air sur la santé humaine. La présente étude vise à élaborer et à optimiser des méthodes de collecte d'échantillons, ainsi que des méthodes subséquentes d'examen microscopique et d'analyse pour détecter, quantifier et caractériser différents types de microplastiques dans des échantillons prélevés dans des milieux intérieurs et extérieurs. Comme les Canadiens passent environ 90 pour cent de leur temps à l'intérieur, il faut disposer de données sur l'exposition aux microplastiques dans les milieux intérieurs et extérieurs pour comprendre les sources d'expositions, les voies d'expositions, le devenir et la distribution des microplastiques, de même que pour déterminer et classer par ordre de priorité les catégories ou les mélanges de microplastiques qui devront faire l'objet de recherches ainsi que d'une évaluation et d'une gestion des risques. (CP : Sabina Halappanavar)

[Tirer profit des changements de la qualité de l'air pendant la pandémie de COVID-19 de façon à orienter le développement durable à l'avenir](#)

La pollution atmosphérique est l'un des principaux fardeaux en santé environnementale à l'échelle mondiale; en effet, elle contribue à environ 15 300 décès prématurés au Canada en plus de coûter environ 120 milliards de dollars par année à l'économie canadienne. La lutte contre la pollution atmosphérique, particulièrement la pollution atmosphérique liée à la circulation automobile (PACA) dans les zones urbaines, demeure une priorité pour Santé Canada. Le Programme de la santé environnementale pour l'Ontario de la Direction générale des opérations réglementaires et de l'application de la loi a financé un projet de recherche en collaboration avec le Centre de recherche sur les aérosols atmosphériques du sud de l'Ontario de l'Université de Toronto dans le but de comprendre l'effet de différentes sources d'émissions de la circulation sur la qualité de l'air dans la région du Grand Toronto. Le principal objectif de cette étude était de comparer différentes méthodes permettant d'analyser les sources et les concentrations de PACA dans la ville de Toronto et autour de certains tronçons de l'autoroute 401 avant et après le confinement qui a eu lieu pendant la pandémie de COVID-19. Le projet a également permis de déterminer la capacité des ressources disponibles à mesurer les changements de la qualité de l'air, ce qui pourra orienter les investissements futurs en matière de santé publique et de développement durable. Les résultats ont révélé une réduction considérable des polluants (oxydes d'azote, particules ultrafines, carbone noir, monoxyde de carbone et dioxyde de carbone) pendant la pandémie par rapport au niveau de pollution observé de 2017 à 2019, avant la

pandémie. L'étude a également fait ressortir des réductions substantielles (de 40 à 60 %) des particules fines (PM_{2,5}) issues de la cuisson et des émissions des véhicules, qu'elles proviennent des tuyaux d'échappement ou non. La réduction des émissions de PM_{2,5} libérées par les tuyaux d'échappement au cours de la pandémie est principalement attribuable à la diminution du nombre de camions dans l'environnement urbain, ce qui démontre l'importance de mettre en place des stratégies ciblées de façon à réduire le nombre de grands émetteurs sur les routes et ainsi à atténuer plus efficacement le niveau de PACA. Les résultats de cette étude contribueront à orienter de futurs changements aux politiques qui soutiendront l'amélioration de la qualité de l'air et le développement durable en Ontario et ailleurs au Canada. Cette étude profite à Santé Canada puisqu'elle permet d'orienter l'élaboration de futures politiques visant à améliorer la qualité de l'air. (CP : Mainul Husain; Greg Evans, Université de Toronto)

Étude sur la qualité de l'air dans les maisons neuves

Il a été établi que les matériaux de construction rejettent des polluants dans l'air intérieur. Des études récentes semblent indiquer que les concentrations de composés organiques volatils (COV) dans les maisons neuves pourraient dépasser les limites d'exposition fondées sur des critères sanitaires, étant donné que les enveloppes des bâtiments sont de plus en plus hermétiques. Des préoccupations ont également été soulevées quant aux concentrations de composés organiques semi-volatils (COSV), notamment les produits ignifuges, présents dans cet environnement. Cependant, les études existantes portent généralement sur un petit nombre de maisons, sont habituellement réalisées à un moment précis dans le temps et ne sont pas évaluées selon le contexte canadien. Pour combler ces lacunes dans les connaissances, la présente étude pluriannuelle vise à mesurer les concentrations de COV et de COSV tout de suite avant l'occupation, ainsi qu'à différents moments dans le temps au cours de la première année d'occupation, dans 40 maisons nouvellement construites à Ottawa. Les renseignements sur les facteurs qui influent sur les résultats de la surveillance, dont le taux de renouvellement de l'air, le comportement des occupants et les caractéristiques de la maison, sont également recueillis. L'étude sur la qualité de l'air dans les maisons neuves a pour objectif : de mesurer les concentrations de COV et de COSV dans les maisons neuves; de comprendre comment ces concentrations se comparent aux limites d'exposition existantes fondées sur des critères sanitaires ou aux concentrations mesurées précédemment dans des maisons au Canada; d'examiner l'évolution de ces concentrations au cours de la première année d'occupation. L'étude donne également l'occasion d'entreprendre des travaux préliminaires sur les microplastiques, qui représentent un problème émergent et une priorité du gouvernement du Canada. Les résultats de l'étude éclaireront les activités d'évaluation et d'atténuation des risques, notamment les lignes directrices fondées sur des critères sanitaires à l'intention des organisations et des personnes en ce qui concerne les contaminants de l'air intérieur dans les nouvelles maisons. Ils pourraient également éclairer l'élaboration de normes relatives aux produits et les modifications apportées au *Code national du bâtiment*. La pandémie de COVID-19 a eu des conséquences importantes sur la durée du travail sur le terrain, qui a débuté en 2019 et sera prolongé jusqu'en 2023-2024. (CP : Corinne Stocco)

Étude sur l'exposition à la pollution atmosphérique et l'épidémiologie à Québec (EPAEQ)

Les polluants atmosphériques urbains comme le dioxyde d'azote (NO₂), le carbone noir (CN), les particules fines (PM_{2,5}) et les particules ultrafines (PUF) sont omniprésents dans les milieux urbains canadiens et ont été évoqués comme des facteurs contribuant au risque de plusieurs maladies cardiopulmonaires et cancers. Des recherches antérieures réalisées à Santé Canada ont permis d'effectuer la modélisation de l'exposition à la pollution atmosphérique liée à différents polluants dans plusieurs villes canadiennes. Cependant, la ville de Québec demeure un grand centre urbain pour lequel il y a peu de données sur les surfaces d'exposition à la pollution atmosphérique issues d'un modèle de

régression de l'utilisation des terres (RUT). La création de nouvelles surfaces définies à l'aide d'un modèle de RUT serait utile dans une ville pour laquelle on dispose d'énormément de données épidémiologiques provenant du Système intégré de surveillance des maladies chroniques du Québec. De plus, la population locale s'inquiète des risques pour la santé humaine associés à la pollution atmosphérique provenant du Port de Québec et de l'Aéroport international Jean-Lesage. Des analyses permettant de vérifier l'association de ces sources ponctuelles aux polluants atmosphériques seraient utiles pour l'élaboration de politiques sur ces enjeux. Le potentiel oxydant peut servir d'indicateur de l'activité biologique potentielle des particules et fournir une mesure indépendante de la concentration massique. L'analyse des variations temporelles et spatiales du potentiel oxydant des $PM_{2,5}$ dans la ville ainsi que de la relation entre le potentiel oxydant et les sources ponctuelles permettra d'améliorer la compréhension des risques pour la santé associés aux particules. Les caractéristiques relatives à la source et à la taille de PUF de différentes dimensions pourraient avoir des effets distincts sur la santé. La présente étude applique des techniques novatrices pour caractériser les PUF selon la source et vérifie les associations avec le Port de Québec et l'Aéroport international Jean-Lesage. De même, le fait de relier le potentiel oxydant des $PM_{2,5}$ à des effets sur la santé pourrait révéler des risques pour la santé associés aux $PM_{2,5}$ indépendants de la concentration massique. L'étude vise à produire des modèles d'exposition à plusieurs polluants dans la région qui permettront de réduire de façon importante les erreurs de classification dans le couplage des données sur la pollution atmosphérique pour les cohortes épidémiologiques dans la ville de Québec et de mieux comprendre les effets sur la santé de ces polluants. L'analyse est en cours. (CP : Keith Van Ryswyk)

[Expositions à court et à moyen terme à la pollution de l'air ambiant provenant de la combustion de biomasse et changements dans la réponse microvasculaire rétinienne chez les enfants](#)

Les études épidémiologiques portant sur les effets de la pollution atmosphérique causée par des particules fines ($PM_{2,5}$) sur la santé cardiovasculaire visent principalement les zones urbaines, et peu d'entre elles se sont penchées sur les particules atmosphériques provenant d'autres sources que la circulation. Des études récentes ont démontré que la combustion de biomasse, en tant que source de $PM_{2,5}$, pouvait modifier l'incidence aiguë de ces polluants sur la santé cardiovasculaire chez les sujets âgés; toutefois, les composants et les mécanismes biologiques à l'origine de ce lien ne sont pas très clairs. En outre, on ne sait pas comment ces expositions peuvent influencer sur la santé cardiovasculaire des enfants. La présente étude examinera l'incidence de l'exposition à court terme (p. ex. 24 heures) et à moyen terme (p. ex. 1 mois) à des $PM_{2,5}$ provenant de la combustion de biomasse sur la réponse microvasculaire chez les enfants d'âge scolaire au cours d'une saison de chauffage à Courtenay et à Cumberland, en Colombie-Britannique. Peu d'études ont évalué les effets de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé cardiovasculaire des enfants. Cependant, comme le dysfonctionnement microvasculaire est un facteur contributif connu du développement de maladies cardiovasculaires, il est important de comprendre comment l'exposition au début de la vie peut avoir une incidence sur la santé vasculaire. Plus précisément, le rétrécissement des artérioles de la rétine a été désigné comme un facteur prédictif de l'hypertension chez les enfants et les adultes, et il pourrait servir de marqueur pour des changements similaires dans la microvasculature coronarienne. Dans la présente étude, le diamètre des microvaisseaux rétiens sera examiné de façon prospective au moyen de mesures intra-sujet répétées obtenues à l'aide d'une technique d'imagerie rétinienne non invasive. Des données sur la concentration moyenne quotidienne de $PM_{2,5}$ seront recueillies à partir d'un moniteur fixe, de même que le potentiel oxydant moyen mensuel des $PM_{2,5}$. Dans l'ensemble, l'étude proposée fournira d'importants renseignements sur l'incidence des $PM_{2,5}$ (et du potentiel oxydant des $PM_{2,5}$) sur la santé cardiovasculaire et appuiera les efforts continus déployés pour réduire les répercussions de la pollution atmosphérique causée par la combustion de biomasse sur la santé publique au Canada et à l'étranger.

La collecte des données a été achevée en mai 2020. Les résultats devraient être publiés en 2021. (CP : Scott Weichenthal)

Modélisation spatiale à l'appui des études sur la santé

Plusieurs études importantes sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé menées à l'échelle nationale et locale au Canada reposent sur les estimations de l'exposition à la pollution atmosphérique obtenues par les scientifiques de Santé Canada aux fins des analyses épidémiologiques. Santé Canada collabore avec des partenaires du milieu universitaire pour assurer une surveillance intensive de la pollution de l'air ambiant et élaborer des modèles de régression de l'utilisation des terres (RUT) pour Ottawa, London, Calgary et Halifax. De tels modèles nous permettent de prédire les concentrations de polluants à l'échelle du quartier ou du foyer, réduisant ainsi le risque d'erreur dans la collecte des données au moyen de dispositifs de surveillance centralisés. Santé Canada utilise ces données pour élaborer des modèles de RUT permettant de prédire les concentrations d'éléments (comme les métaux) dans les particules en suspension dans l'air à Calgary et à Halifax. Les modèles de RUT sont utiles pour les études sur la santé menées à l'échelle locale et nationale qui visent à évaluer les effets de la pollution atmosphérique sur les maladies respiratoires, cardiovasculaires (comme les accidents vasculaires cérébraux), développementales (comme les issues de la grossesse et le diabète gestationnel) et auto-immunes, ainsi que l'issue des cancers. Les modèles de RUT appuient les travaux de recherche destinés à établir des liens entre la pollution atmosphérique et plusieurs effets néfastes sur la santé, comme la mortalité, l'athérosclérose, les maladies rhumatismales auto-immunes systémiques et les issues de grossesse. Les modèles de RUT et les autres données sur l'exposition obtenues dans le cadre du Programme sur la qualité de l'air de Santé Canada sont maintenant disponibles auprès de plusieurs sources, dont le Consortium canadien de recherche en santé environnementale urbaine (CRSEU). Le modèle de RUT relatif aux métaux à Halifax devrait être publié en 2021. (CP : Markey Johnson)

Étude de la qualité de l'air dans le métro

Les particules en suspension dans l'air constituent une préoccupation pour la santé à l'échelle mondiale. Il a été démontré que leurs composants métalliques ont des effets sur la santé cardiorespiratoire. On sait que les particules présentes dans les métros sont fortement enrichies en éléments associés à l'acier, comme le fer, le chrome, le manganèse, le zinc et le nickel, et en éléments utilisés dans la fabrication de plaquettes de frein, comme le cuivre et l'étain. Au Canada, l'étude sur l'exposition dans les transports urbains a permis de caractériser l'exposition aux particules dans trois réseaux de métro. L'étude a montré que la majorité de l'exposition quotidienne du navetteur moyen aux particules de fer, de manganèse et de chrome se produit dans le métro et que plus de 20 pour cent de l'exposition quotidienne du navetteur moyen aux particules fines ($PM_{2,5}$) découlerait d'un trajet type d'une durée de 70 minutes dans le métro de Toronto. Des valeurs similaires ont été obtenues dans les métros de Montréal et de Vancouver. La présente étude, qui se concentrait sur le métro de Toronto, a évalué deux interventions destinées à réduire les concentrations de $PM_{2,5}$, soit le nettoyage des tunnels de métro au moyen d'un train aspirateur pendant la nuit et la modification de la rame de métro. Les particules fines de l'air du métro sont aussi en train d'être comparées à celles de l'air ambiant de deux autres endroits à Toronto. Les données de l'étude seront utiles pour l'élaboration de politiques relatives à la qualité de l'air dans ce milieu unique qui est visité par des millions de Canadiens chaque jour. La publication de deux articles est prévue en 2021. (CP : Keith Van Ryswyk)

Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) : mise à jour

L'Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) est une application informatique élaborée par Santé Canada pour estimer les répercussions sur la santé humaine des changements dans la qualité de l'air ambiant au Canada. Cet outil est utilisé pour estimer les avantages (répercussions

positives) et les dommages (répercussions négatives) des initiatives réglementaires proposées liées à la qualité de l'air extérieur, conformément au mandat confié par le Conseil du Trésor dans sa Directive du Cabinet sur la gestion de la réglementation (lors de l'élaboration de nouveaux règlements sur la qualité de l'air, le Conseil du Trésor exige que Santé Canada quantifie les avantages pour la santé humaine et les avantages économiques connexes découlant des changements estimés dans la qualité de l'air). L'OEBQA est un fichier Microsoft Excel qui permet à l'utilisateur de définir, d'exécuter, d'examiner et d'enregistrer des données d'entrée et de sortie associées à des scénarios précis combinant des polluants, des critères d'effet sur la santé, des zones géographiques et des années de scénario; il contient des données historiques et des projections démographiques, des données sur les concentrations de polluants, des taux de référence annuels sur l'occurrence des problèmes de santé ainsi que des fonctions concentration-réponse et des évaluations des problèmes de santé approuvées par Santé Canada. Il utilise également le logiciel intégré @Risk, qui permet à l'utilisateur d'effectuer des simulations Monte Carlo et ainsi d'examiner les effets des incertitudes sur les répercussions prévues sur la santé. L'OEBQA est un outil de transfert des connaissances, en ce sens qu'il met en application les constatations des travaux de recherche sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé afin d'établir des fonctions concentration-réponse et des estimations de la valeur économique qui peuvent être utilisées dans la quantification des répercussions sur la santé et de leur valeur économique. L'OEBQA a été appliqué à de nombreux scénarios de réglementation ou autres, notamment des scénarios qui concernent les répercussions de l'électrification des véhicules, les répercussions de la fumée des feux de forêt, l'évaluation des répercussions des changements climatiques et l'évaluation des risques pour la santé humaine des gaz d'échappement des moteurs diesel et du biodiesel. La mise à jour continue des données, des paramètres et des méthodes est requise pour faire en sorte que les évaluations des initiatives réglementaires rendent compte des données scientifiques les plus à jour, de manière à protéger efficacement la santé de la population canadienne sans imposer de coûts injustifiés à la société. La version 3 de l'OEBQA a été diffusée en 2019. (CP : Dave Stieb)

[Association entre la pollution atmosphérique et la mortalité liée à la COVID-19 à Santiago \(Chili\) : une analyse des séries chronologiques quotidiennes \(IH LCPA\)](#)

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques, pour la santé des Canadiens, associés à l'exposition aux polluants atmosphériques dans l'environnement. Dans la présente étude, Santé Canada et des collaborateurs au Chili ont évalué les risques associés aux polluants atmosphériques et à la mortalité liée à la COVID-19. L'exposition à la pollution atmosphérique est un facteur de risque de morbidité et de mortalité par maladies pulmonaires et cardiaques. Toutefois, on ne sait pas si l'exposition à court terme à une certaine concentration de pollution atmosphérique a une incidence sur la mortalité liée à la COVID-19. L'association entre la pollution de l'air ambiant et la mortalité quotidienne des suites de la COVID-19 a été étudiée au moyen de données sur la pollution de l'air ambiant (ozone, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et matières particulaires) et de données sur le climat recueillies par sept postes de surveillance de la pollution atmosphérique répartis dans neuf centres urbains de Santiago, au Chili. L'équipe de recherche s'est également servie du nombre quotidien de décès dont la cause soupçonnée ou confirmée (en laboratoire) était la COVID-19 entre le 16 mars et le 31 août 2020. Selon nos constatations, l'augmentation aiguë de la pollution atmosphérique peut constituer un facteur de risque associé à la mortalité quotidienne attribuable à la COVID-19. Il n'y avait aucune différence significative en ce qui concerne le risque de mortalité selon le sexe, mais le risque relatif augmentait généralement avec l'âge. Cette étude fournit des données probantes qui indiquent que l'augmentation quotidienne de la pollution atmosphérique peut accroître le risque de mourir de la COVID-19, surtout pour les personnes âgées. (CP : Sabit Cakmak et Bob Dales)

[Association entre la pollution atmosphérique et les hospitalisations chez les patients atteints de lupus érythémateux disséminé au Chili : une analyse des séries chronologiques quotidiennes \(IHLCPA\)](#)

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques, pour la santé des Canadiens, associés à l'exposition aux polluants atmosphériques dans l'environnement. Dans la présente étude, Santé Canada et des collaborateurs au Chili ont évalué le risque de lupus érythémateux disséminé (LED) associé à l'exposition aux polluants atmosphériques. Le LED, qui est caractérisé par un dérèglement du système immunitaire humoral et cellulaire, une perte de tolérance de l'organisme face à ses propres constituants et la production d'auto-anticorps dirigés contre les auto-antigènes s'accompagnant d'une inflammation chronique et de lésions à de multiples organes, peut être débilitant, voire mortel; toutefois, son association avec la pollution atmosphérique n'est pas bien établie. À l'aide de données sur la pollution de l'air ambiant (ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et particules) et de données sur le climat provenant de sept postes de surveillance de la pollution atmosphérique répartis dans sept centres urbains de Santiago, au Chili, ainsi que des données quotidiennes sur les hospitalisations de patients de 2001 à 2012, l'association entre la pollution de l'air ambiant et les hospitalisations quotidiennes pour un LED a été examinée. Les résultats de l'étude donnent à penser que les augmentations aiguës de la pollution atmosphérique pourraient être un facteur de risque d'hospitalisation des patients ayant reçu un diagnostic primaire de LED. (CP : Sabit Cakmak)

[Association entre la pollution atmosphérique et la difficulté à traiter les troubles respiratoires du sommeil par la ventilation en pression positive continue \(Institut de recherche de l'Hôpital d'Ottawa\)](#)

Il est établi que l'apnée obstructive du sommeil (AOS) est liée aux maladies cardiaques, à l'hypertension, au diabète et à la dépression. Les troubles respiratoires du sommeil (AOS), qui se caractérisent par une respiration anormale ou insuffisante qui provoque la fragmentation du sommeil et la réduction de l'oxygène dans le sang, ont été associés à des biomarqueurs du stress oxydatif et de l'inflammation. La ventilation en pression positive continue (VPPC), qui aide à garder la trachée ouverte pendant le sommeil, est le traitement de choix contre l'AOS. Cependant, l'observance de la VPPC est faible, et plusieurs facteurs peuvent nuire à l'utilisation de la VPPC, dont des considérations environnementales. L'AOS et la pollution atmosphérique, qui ont été associées à une hausse de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaires, peuvent provoquer des symptômes d'inflammation du système nerveux, comme de l'inconfort sensoriel et de la fatigue. La fatigue est une manifestation courante d'un sommeil de mauvaise qualité. L'association entre la pollution et l'AOS reste néanmoins plutôt obscure : il existe peu de données sur le sujet, bien que certaines études chez l'humain et l'animal aient montré que la pollution atmosphérique influe sur l'AOS. La pollution de l'air intérieur, en particulier les particules fines suffisamment petites pour se déposer dans les voies respiratoires supérieures, peut causer l'irritation et l'inflammation des voies respiratoires supérieures, réduire la perméabilité des voies respiratoires et, par conséquent, entraîner l'apparition de l'AOS ou l'intensification des symptômes d'AOS déjà présents. La présente étude vise à établir la fonction concentration-réponse pour l'AOS en comparant les changements de pollution atmosphérique de jour en jour et de nuit en nuit avec les changements de nuit en nuit associés avec le traitement de l'apnée du sommeil, mesurés à l'aide de données provenant des appareils de VPPC des sujets. Les résultats permettront aux chercheurs de déterminer si la pollution atmosphérique aggrave l'apnée du sommeil et, si oui, dans quelle mesure. Les évaluateurs du gouvernement fédéral seront ainsi davantage à même d'évaluer le fardeau de la maladie causé par la pollution atmosphérique dans la population canadienne, de déterminer les répercussions économiques totales de la pollution atmosphérique et, au bout du compte, d'établir des normes relatives à la qualité de l'air. (CP : Bob Dales; D^{re} Tetyana Kendzerska [Institut de recherche de l'Hôpital d'Ottawa])

Association entre l'exposition à la pollution de l'air pendant la grossesse et l'autisme chez l'enfant

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques en matière de santé publique associés à la pollution atmosphérique, de déterminer les populations à risque et de réduire les effets néfastes de l'exposition environnementale sur la santé des Canadiens. Ce projet de recherche évalue les effets neurologiques de l'exposition à la pollution atmosphérique extérieure chez les enfants par l'entremise de la mère avant la grossesse et pendant la grossesse. L'étude est axée sur le trouble du spectre de l'autisme (TSA), un trouble du développement complexe chez les jeunes enfants qui se caractérise par des difficultés lors des communications et des interactions sociales; ces difficultés peuvent perdurer tout au long de la vie. Au Canada, l'Agence de la santé publique du Canada a publié un rapport du Système de surveillance du trouble du spectre de l'autisme qui porte sur la prévalence et l'incidence du TSA chez les enfants (5 à 17 ans) dans six provinces et un territoire. Comme les études sur l'association entre la pollution de l'air et le TSA chez les enfants au Canada sont limitées, Santé Canada entreprend une étude épidémiologique pour déterminer les effets négatifs de l'exposition maternelle à divers polluants atmosphériques pendant la grossesse sur la survenue du TSA chez les enfants âgés de cinq ans ou moins, une sous-population canadienne vulnérable en Ontario. À l'opposé, les effets positifs des espaces verts dans le quartier et de l'accessibilité piétonnière sont également examinés. L'étude vise à donner une idée de l'association entre l'exposition à la pollution atmosphérique (et, le cas échéant, l'exposition aux espaces verts et l'accessibilité piétonnière) et l'incidence du TSA chez les enfants nés entre le 1^{er} avril 2012 et le 31 mars 2020. L'étude examine des paires d'enfants atteints d'un TSA et leur mère au moyen du couplage de données clés, puis estime l'association entre l'exposition maternelle à la pollution atmosphérique et le TSA chez les enfants en fonction d'une méthode cas-témoins apparentés avec un ratio de correspondance de 1:5. L'évaluation pendant la période périnatale est essentielle, car il s'agit d'une période cruciale pour le développement du cerveau, au cours de laquelle une exposition environnementale peut influencer le développement neurologique. Les constatations de l'étude aideront à comprendre les causes ou les mesures de prévention possibles du TSA chez les enfants et, ainsi, à réduire le fardeau lié à la prestation de soins de santé et aux coûts pour la société et la famille. (CP : Hwashin Shin)

Étude sur la pandémie de COVID-19 et l'effet de la pollution atmosphérique (COVID-Air) [IH LCPA]

La pandémie de COVID-19 est l'un des plus grands défis de notre époque en matière de santé. Depuis son apparition initiale, la pandémie de COVID-19 a coûté la vie à plus de 3,8 millions de personnes, a entraîné la fermeture des activités dans de nombreux pays et a déclenché une crise socio-économique mondiale. Il est plus que jamais important de comprendre quels groupes sont les plus vulnérables à la COVID-19 et quels facteurs peuvent causer une forme grave de la maladie après l'infection. Ces renseignements sont indispensables pour appuyer les interventions essentielles auprès de la population de façon à sortir de la crise de la COVID-19. Santé Canada réalise une étude pour déterminer si les patients atteints de COVID-19 qui ont été exposés à de l'air de mauvaise qualité sont plus susceptibles d'être hospitalisés, d'être admis dans une unité de soins intensifs, de nécessiter l'utilisation d'un respirateur ou de mourir. Des observations émergentes établissent un lien entre la qualité de l'air et la mortalité causée par la COVID-19, mais d'autres recherches sont requises pour mieux comprendre le rôle potentiel de la pollution atmosphérique dans la gravité de l'infection à la COVID-19. Le deuxième objectif du projet COVID-AIR est d'étudier plus en profondeur si les réductions de la pollution atmosphérique attribuables au confinement se traduisent par des bienfaits pour la santé. Le confinement constitue une mesure réglementaire sans précédent qui a entraîné des réductions radicales et simultanées du trafic dans de vastes régions. Les résultats de cette étude apporteront des contributions uniques qui permettront de mieux comprendre le lien entre la COVID-19 et la pollution atmosphérique, ainsi que le rôle potentiel de l'atténuation de la pollution atmosphérique dans

l'enraiment de la crise de la COVID-19. L'étude appuie le mandat de Santé Canada à l'ère de la pandémie de COVID-19 et du rétablissement après la pandémie. (CP : Hong Chen)

[Le rôle du stress et de la réactivité au stress dans la médiation des répercussions associées aux polluants de l'air sur le cerveau et les poumons](#)

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé liés à l'exposition à la pollution atmosphérique. Même aux concentrations moyennes relativement faibles de polluants généralement observées au Canada, l'exposition à la pollution atmosphérique est associée à un risque accru de troubles neurologiques et de santé mentale (p. ex. déclin cognitif, démence, dépression). Cependant, les mécanismes sous-jacents responsables de ces effets restent à préciser. Le stress pourrait être un mécanisme central. Les recherches menées par Santé Canada montrent expérimentalement que l'ozone et les matières particulaires ambiantes inhalées provoquent une réaction de stress, entraînant la libération d'hormones de stress qui ont des répercussions sur les systèmes biologiques dans l'ensemble de l'organisme. Le cerveau est très sensible au stress, et le stress chronique exerce de profonds effets biochimiques et structurels sur le cerveau qui contribuent à des processus pathologiques locaux et généraux. La présente étude se penche sur le rôle des réactions au stress dans la médiation des répercussions associées à l'inhalation de polluants sur le cerveau et les poumons. Des modèles *in vivo* et *in vitro* sont utilisés pour examiner les voies biologiques qui lient les effets des polluants dans les poumons et le sang à des effets sur le cerveau, effets qui, à leur tour, se répercutent sur les poumons et les autres organes. Réalisée en collaboration avec des chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique, une étude d'exposition aux émissions de diesel en chambre chez des sujets humains examine les biomarqueurs du stress pour pouvoir transposer les résultats obtenus en laboratoire aux humains. Les connaissances acquises serviront à étudier le rôle des hormones du stress dans les associations entre la pollution atmosphérique et le développement du cerveau dans une cohorte de naissance, en collaboration avec des chercheurs d'ISGlobal (à Barcelone, en Espagne). En reliant les résultats des modèles expérimentaux aux humains, le projet permettra d'appuyer la relation de cause à effet des associations épidémiologiques et d'éclairer l'élaboration de stratégies efficaces d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Errol Thomson)

[Vulnérabilité à la pollution atmosphérique dépendante du temps dans une cohorte de femmes enceintes \(MIREC\)](#)

Le programme des mesures contre la pollution de l'air de Santé Canada et des programmes de réglementation internationaux sur la pollution atmosphérique ont donné la priorité à la détermination des effets de l'exposition à la pollution atmosphérique au cours des périodes décisives du développement foetal. Cependant, les approches traditionnelles se sont avérées peu efficaces pour étudier la question. Dans le cadre de la présente étude, une approche nouvelle (approche bayésienne de modélisation à niveaux multiples) servira à déterminer les périodes de susceptibilité à la pollution atmosphérique au cours du développement foetal au sein de la cohorte de l'Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC). Les expositions à la pollution atmosphérique seront estimées à l'aide de données couplées obtenues par télédétection satellitaire et issues du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA), une approche que les chercheurs de Santé Canada ont déjà validée à Windsor, en Ontario. Les résultats de l'étude révèlent que l'exposition à la pollution de l'air ambiant au cours des périodes décisives de la grossesse pourrait avoir une incidence

sur le faible poids à la naissance chez les nourrissons nés à terme. Un manuscrit devrait être soumis à une revue en 2021. (CP : Markey Johnson)

Étude sur la qualité de l'air dans les quartiers à proximité des gares de triage (QAQPGT)

Le Canada possède un vaste réseau ferroviaire, avec près de 50 000 kilomètres de voies ferrées et des centaines de gares de triage. Les gares de triage sont des nœuds dans le réseau ferroviaire où l'on observe une plus grande activité polluante en raison des locomotives qui fonctionnent 24 heures sur 24 toute l'année, ainsi que des camions de transport et de l'équipement de manutention de marchandises. Les corridors ferroviaires et les gares de triage sont souvent situés à proximité des quartiers résidentiels, y compris dans les grandes villes urbaines où vit et travaille la majorité de la population canadienne, ce qui soulève des préoccupations pour la santé compte tenu des rejets de polluants atmosphériques importants issus du secteur ferroviaire. La pollution atmosphérique générée par les activités ferroviaires est complexe; elle combine les émissions résultant de la combustion de combustibles fossiles (diesel) et les émissions dues à la friction et à l'usure (rails et roues en acier, freins) ainsi qu'à la remise en suspension des poussières. Ces rejets gazeux et de particules sont constitués de différents polluants qui ont des effets aigus et chroniques connus sur la santé, notamment le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules respirables de multiples fractions granulométriques (particules ultrafines [PUF], PM_{2,5}, PM_{2,5-10}) et contenant des éléments toxiques (p. ex. métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP]) qui peuvent contribuer au stress oxydatif. Les résidents exposés à la pollution atmosphérique causée par le transport ferroviaire peuvent également être exposés à la pollution par le bruit connexe, ce qui pourrait entraîner des effets cumulatifs éventuels sur la santé. On ne connaît pas bien les effets sur la santé de la pollution atmosphérique générée par les gares de triage canadiennes; en effet, les données pertinentes sur les rejets et l'exposition connexe sont insuffisantes pour en caractériser les effets sur la qualité de l'air urbain et la santé. Pour remédier à ces lacunes dans les connaissances, l'équipe du projet de recherche sur la qualité de l'air dans les quartiers à proximité des gares de triage (QAQPGT) réalisera des campagnes d'échantillonnage de la qualité de l'air à des emplacements situés près de la source et dans la collectivité pour détecter de multiples polluants atmosphériques et pour mesurer le niveau de bruit près d'une grande gare de triage urbaine située à Toronto, au Canada. Les travaux sur le terrain auront lieu en 2020-2021. (CP : Angelos T. Anastasopoulos)

Cannabis

Étude inter-laboratoire internationale sur l'huile de cannabis

Dans le monde entier, les gouvernements doivent faire face à une vague d'intérêt du public pour les produits à base d'huile de cannabis. Le statut juridique de ces produits varie considérablement d'un pays à l'autre, en fonction de la façon dont sont rédigées les lois régissant les substances contrôlées et l'accès au cannabis à des fins différentes. Le Canada peut être considéré comme un leader international en matière de réglementation des produits du cannabis, car c'est l'une des rares juridictions où les produits du cannabis peuvent être produits massivement et légalement, et sont soumis à des exigences de qualité définies. Le Canada est le deuxième pays au monde et le premier pays du G20 à avoir légalisé le cannabis à des fins récréatives à l'échelle nationale. Le mandat de Santé Canada est de promouvoir et de protéger la santé des Canadiens grâce au leadership, aux partenariats, à l'innovation et aux interventions en matière de santé publique. Le Programme des laboratoires des produits de santé de Santé Canada a dirigé une étude internationale inter-laboratoire pour tester des huiles de cannabis. L'objectif de cette étude est d'effectuer des tests sur un ensemble commun d'huiles de cannabis (fournies par des producteurs canadiens légaux réputés) en utilisant la méthode d'analyse choisie par les

participants pour quantifier les concentrations de THC et de CBD afin de vérifier si les résultats sont comparables et de détecter les tendances. Dix laboratoires de différents pays, dont le Canada, les États-Unis, Singapour, la Suisse, l'Australie et le Royaume-Uni ont participé à l'étude. Étant donné que des huiles de cannabis canadiennes ont été envoyées aux participants, cette étude aidera également les participants à mieux comprendre les exigences d'étiquetage de ces produits au Canada. Les participants auront l'occasion de prouver rigoureusement leur capacité et leur préparation aux tests sur le cannabis, par exemple à des fins d'accréditation. Les laboratoires de produits de santé reçoivent du financement pour la priorité ministérielle sur le cannabis. (CP : Justin Morin)

Identification rapide de matières étrangères visibles par spectroscopie IRTF

Un des mandats du laboratoire de microbiologie de Santé Canada est d'évaluer les matières étrangères présentes dans les produits de santé et le cannabis afin d'assurer la sécurité des Canadiens. Actuellement, l'identification des matières étrangères visibles repose sur l'observation microscopique, dont le résultat est souvent peu concluant en raison des limites de l'inspection visuelle. Afin d'améliorer l'efficacité et la précision de l'identification des matières étrangères visibles, nous avons mis au point une nouvelle méthode : l'identification rapide des matières étrangères visibles par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF). Cette méthode spectroscopique permet d'obtenir le spectre unique d'un échantillon (matière étrangère) en l'éclairant avec une source lumineuse (infrarouge). La matière étrangère absorbe la quantité spécifique d'énergie de la source lumineuse, qui est utilisée pour faire vibrer sa structure chimique unique. Comme deux matériaux différents n'ont pas la même structure chimique, le spectre IRTF d'une matière étrangère est considéré comme son empreinte digitale. L'identité de la matière étrangère est alors prédite en quelques minutes en comparant son spectre unique à la base de données de référence. Notre travail consiste à adapter le logiciel d'analyse de spectres de qualité recherche pour en faire un logiciel convivial à utiliser en un seul clic, dans le but d'offrir une technique qui ne nécessite plus l'intervention d'un spécialiste hautement qualifié. Cette méthode permet d'identifier de façon cohérente et précise les corps étrangers visibles dans les produits de santé et le cannabis en quelques jours. Ce projet est financé par le Fonds des solutions du sous-ministre, en appui aux priorités ministérielles relatives aux médicaments pharmaceutiques, aux produits de santé naturels et au cannabis. (PI : Hayline Kim)

Validation d'une méthode rapide pour le dénombrement des microorganismes dans le cannabis séché

Un des mandats de Santé Canada est de s'assurer que le cannabis vendu légalement est conforme à la réglementation sur le cannabis quant à son contenu microbien. Afin d'être en mesure de vérifier la conformité de ces produits, des analyses microbiologiques sont effectuées. Selon notre norme de service, les résultats doivent être émis dans un délai maximal de 21 jours. La méthode de microbiologie classique employée de routine au laboratoire pour le dénombrement microbien requiert beaucoup de matériel et de temps. Dans le but d'arriver à raccourcir le temps d'analyse et d'améliorer la norme de service, nous avons effectué une étude pour valider une méthode de dénombrement automatisé développée par BioMérieux pour les produits alimentaires, qui requiert l'utilisation d'un appareil, le Tempo. Une première étude a été effectuée avec 30 échantillons de cannabis séché en comparant les résultats avec la méthode de dénombrement sur plaques de la pharmacopée européenne (Ph.Eur. 2.6.31) présentement utilisée. Les résultats ont démontré une différence importante entre les deux méthodes. Nous avons soupçonné que la différence était reliée au temps d'incubation qui est très différent entre les deux méthodes, ce qui a mené à une deuxième étude afin de vérifier cette hypothèse. À ce jour, une pré-étude pour évaluer l'effet de la durée d'incubation sur le dénombrement bactérien par la méthode automatisée TEMPO a été effectuée. Les résultats obtenus sont encourageants et une seconde étude de validation avec de nouveaux paramètres est en préparation. Le

laboratoire de microbiologie reçoit du financement pour la priorité ministérielle sur le cannabis. (CP : Jamile Ahmarani)

Changements climatiques

Rapport d'évaluation qualitative et quantitative du réseau de surveillance syndromique en temps réel de l'Alberta (RSSTRA)

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) a pour objectif à long terme d'assurer la résilience de la population canadienne face aux effets des changements climatiques sur la santé. L'évaluation du RSSTRA réalisée en octobre 2020 par Alberta Health Services constituait la deuxième évaluation des systèmes de surveillance syndromique en temps réel en place. L'objectif était de déterminer les éléments clés d'un système de surveillance en temps réel efficace et complet destiné à l'évaluation des répercussions des changements climatiques sur la santé. Les résultats de la présente recherche, combinés aux rapports d'études antérieures, porteront directement sur les activités de programme auxquelles Santé Canada doit donner suite, comme il est indiqué dans la présentation au Conseil du Trésor approuvée en 2016 intitulée « S'adapter aux répercussions des changements climatiques ». Les résultats seront utilisés plus particulièrement par Santé Canada pour l'élaboration d'activités de suivi et de surveillance pancanadiennes, et ils guideront le travail du Ministère dans le cadre de sa collaboration avec les partenaires provinciaux et territoriaux aux fins de l'amélioration de la disponibilité des systèmes qui recueillent des données en temps réel sur les questions de santé liées aux changements climatiques et les systèmes de gestion des renseignements sur la santé publique à l'appui. (CP : Victor Gallant)

Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques

Les changements climatiques affectent la santé de diverses façons, notamment en augmentant la fréquence et l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes dangereux, en modifiant la transmission des maladies hydriques et vectorielles, ainsi qu'en minant les déterminants environnementaux et sociaux de la santé comme la qualité et la quantité des réserves d'eau douce et des aliments. Les changements climatiques exercent donc des pressions sur l'infrastructure, les systèmes de gestion et les capacités des systèmes de santé. Santé Canada et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) collaborent dans le domaine des changements climatiques et de la santé depuis environ 20 ans, ce qui a donné lieu à des publications, à des webinaires et à des activités qui continuent d'aider les autorités sanitaires à l'échelle mondiale et partout au Canada dans leurs efforts de préparation aux effets des changements climatiques sur la santé. Le présent projet pluriannuel vise à examiner et à mettre au point :

1. des outils permettant d'évaluer la vulnérabilité des établissements de santé aux changements climatiques;
2. des directives ciblées permettant de prioriser les options d'adaptation offertes en matière de santé, ainsi que des indicateurs permettant de mesurer la résilience globale des systèmes de santé;
3. un cadre pour le suivi et la surveillance des maladies liées au climat.

Les résultats du projet de recherche et d'élaboration de lignes directrices serviront à faire progresser les efforts mondiaux visant à promouvoir la résilience des systèmes de santé aux changements climatiques. (CP : Rebekka Schnitter)

Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques (2)

Les liens qui relient la santé, l'économie et les actions pour le climat ont été peu étudiés dans les politiques et les pratiques. En raison des renseignements limités dont on dispose sur les coûts économiques des changements climatiques et les pressions exercées sur les systèmes de santé, il s'avère difficile de renforcer la résilience climatique dans le secteur de la santé et d'augmenter les investissements en matière d'adaptation à court et à long terme. Dans le cadre de ce projet, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) cherche à collaborer avec des économistes afin d'aider le secteur de la santé et la communauté qui s'intéresse au climat à mieux comprendre les coûts économiques ainsi que les gains et les économies en santé liés à l'action ou à l'inaction en matière de changements climatiques. La lutte contre les changements climatiques génère des retombées importantes pour la santé, la société et l'économie. Ces retombées comprennent les avantages associés à la réduction des risques pour la santé humaine, qui découle de l'adaptation au réchauffement climatique, et les gains importants en santé qui peuvent être réalisés grâce à des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à améliorer la qualité de l'air. On peut attribuer une valeur économique aux gains en santé, et les avantages sociaux des mesures liées aux changements climatiques peuvent être comparés aux coûts économiques des interventions stratégiques. Dans le cadre de ce projet de recherche, l'OMS cherche à élaborer une approche plus cohérente en ce qui a trait à la santé, à l'économie et aux changements climatiques en plus d'accorder une plus grande priorité à la santé dans les politiques d'atténuation des changements climatiques et d'adaptation en fournissant une compréhension commune claire de la façon dont ces considérations devraient être évaluées conjointement. Pour ce faire, l'OMS compte élaborer un cadre global sur la santé, les changements climatiques et l'économie. L'Organisation prévoit également examiner les outils actuels d'évaluation de la santé, du climat et de l'économie. L'objectif est d'améliorer les pratiques mondiales en ce qui concerne la sélection d'options d'adaptation en matière de santé et de promouvoir des mesures visant à améliorer les résultats en santé et à atténuer les changements climatiques. Enfin, la réalisation d'un exercice de simulation de politique contribuera à améliorer les pratiques mondiales d'analyse des répercussions sur le plan de la santé, de l'économie et des changements climatiques. (CP : Victor Gallant)

CanTEMP : estimation de la surmortalité et de la surmorbidity attribuables à la température à l'échelle nationale

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) a pour objectif à long terme d'assurer la résilience de la population canadienne face aux effets des changements climatiques sur la santé. Cet objectif englobe la surveillance des effets liés à la chaleur sur la santé au Canada (par 100 000 habitants) tous les 3 ans. Des valeurs de référence seront établies d'ici la fin de l'exercice 2021-2022. Le présent projet vise à produire des estimations de référence des risques de maladie et de décès dus aux changements climatiques au Canada par ville et par région sanitaire de même qu'à projeter les risques de morbidité et de mortalité attribuables à la température selon différents scénarios de changements climatiques. Les données sur la mortalité, qui porteront sur la période allant de 1986 à 2015, seront issues de la Base canadienne de données sur les décès de la Statistique de l'état civil; les données sur la morbidité, qui couvriront la période de 1994 à 2015, proviendront quant à elles de la Base de données sur les congés des patients. Le projet de recherche utilise les projections de Statistique Canada pour prendre en compte les changements démographiques, et les stations météorologiques des villes et des régions sanitaires à l'étude fourniront les données météorologiques. Les chercheurs obtiendront des ensembles de températures quotidiennes modélisées pour chaque ville et chaque région sanitaire de 1990 à 2099 à l'aide de cinq modèles de circulation générale pour chaque profil représentatif d'évolution de concentration. Pour calculer les effets sur la santé, les chercheurs estimeront les relations

exposition-réponse entre les températures quotidiennes enregistrées et les chiffres quotidiens sur la mortalité et la morbidité dans chaque ville et chaque région sanitaire. Ils établiront ensuite les projections relatives à la surmortalité et à la surmorbidité (en menant une sous-analyse de la mortalité et de la morbidité par cause et, s'il y a lieu, une analyse par sexe et par facteur socio-économique) pour chaque combinaison de modèle de circulation générale et de profil représentatif d'évolution de concentration. L'étude permettra de caractériser en détail les effets des changements climatiques attribuables aux changements dans l'exposition aux températures extérieures non optimales dans diverses régions du Canada, selon une variété de scénarios de réchauffement climatique. (CP : Chris Hebborn; Éric Lavigne)

Changements climatiques et vulnérabilité à la chaleur des travailleurs canadiens : gros plan sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada

La hausse des températures et du nombre d'épisodes de chaleur extrême est un problème lié aux changements climatiques qui affecte grandement les travailleurs canadiens. Des études menées au Québec ont révélé que les indemnités quotidiennes des travailleurs qui souffrent de problèmes de santé découlant d'une exposition excessive à la chaleur ou de traumatismes professionnels augmentaient en fonction de la température extérieure durant l'été. Cette association n'a jamais été évaluée ailleurs au Canada, et les répercussions du réchauffement climatique sur les demandes d'indemnisation n'ont pas été étudiées au Québec ni dans d'autres provinces canadiennes. Le présent projet vise à établir des associations entre les températures extérieures de l'été dans cinq provinces (Ontario, Québec, Manitoba, Saskatchewan et Alberta) et les problèmes de santé professionnels faisant l'objet d'une indemnisation qui sont liés à une exposition excessive à la chaleur et à des traumatismes professionnels connexes. Il vise aussi à estimer les répercussions du réchauffement climatique sur la santé par le calcul de l'évolution des indemnités jusqu'en 2050. Le projet, dirigé par l'Institut national de santé publique du Québec, a pris fin en novembre 2020. (Collaborateurs : Peter Berry; Monique D'Amour)

Analyse économique des répercussions des changements climatiques sur la santé et sur le système de santé : un aperçu

Bien qu'il soit possible que les changements climatiques affectent certains pays ou certaines régions plus que d'autres, leurs répercussions devraient se faire sentir partout dans le monde. Le présent projet a pour objectif de donner un aperçu ciblé et fondé sur des données probantes (dans la mesure où des données sont disponibles) de la documentation publiée entre 2000 et 2019 sur les changements climatiques, leurs répercussions sur la santé et les coûts qui en découlent au Canada et ailleurs dans le monde. Le projet constitue un premier pas pour répondre au besoin de mieux comprendre la hausse des coûts pour le système de santé (l'évaluation du coût des répercussions a aussi été jugée prioritaire en février 2018 lors de la réunion des experts sur la surveillance et le suivi des changements climatiques et de la santé, organisée par Santé Canada, de même qu'en mars 2019 par les bénéficiaires de subventions et de contributions d'ADAPTATION Santé). Le rapport servira d'outil d'information permettant de sensibiliser les responsables de la santé publique, les planificateurs, les décideurs et les autres parties concernées aux coûts des changements climatiques pour la santé humaine et le système de santé. L'analyse, les répercussions, les méthodes et les données décrites dans le projet pourraient ensuite orienter la tenue d'une analyse interne des coûts et des avantages économiques dans l'avenir. (CP : Victor Gallant; Modjgan Alishahi, doctorante du PAR)

Établissement de seuils de température intérieure au moyen de données probantes aux fins de la protection de la santé

La chaleur extrême représente un risque important pour la santé au Canada et donne lieu à un grand nombre de maladies et de décès évitables chaque année; on s'attend d'ailleurs à ce que la gravité, la fréquence et la durée de ce phénomène ne fassent qu'augmenter en raison des changements climatiques. La plupart des décès causés par la chaleur se produisent à l'intérieur, où les Canadiens, en particulier les populations vulnérables comme les personnes âgées et les personnes atteintes de maladies chroniques, passent la majeure partie de leur temps. La présente étude vise à établir des lignes directrices sur la température intérieure fondées sur des données probantes afin d'appuyer le mandat de Santé Canada qui se rapporte à la réduction des effets négatifs des changements climatiques sur la santé. En 2018, le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) a financé la réalisation d'une revue par le professeur Glen P. Kenny (Université d'Ottawa), laquelle soulignait la nécessité de mieux comprendre comment le corps humain réagit aux stress thermiques dans l'environnement intérieur, particulièrement chez les personnes vulnérables. Des expériences physiologiques sont en cours pour évaluer comment les personnes réagissent à une gamme de températures et ainsi déterminer les températures intérieures qui sont potentiellement dangereuses pour la santé humaine. L'étude menée en laboratoire a été lancée au début de 2019 chez les aînés (sujets âgés de 65 à 80 ans), qui constituent une population préoccupante en raison de leur capacité réduite de s'adapter à la chaleur. En 2019, des observations préliminaires sur le terrain ont été faites chez les enfants et les adolescents (sujets âgés de 10 à 14 ans), qui constituent aussi une population préoccupante. Pour constituer le corpus de données probantes du projet, notamment en ce qui concerne les enfants et les autres populations potentiellement vulnérables, les chercheurs ont recueilli des données et ont réalisé d'autres revues de la littérature. Ces revues ont été menées à bien, et elles ont été publiées en 2020. Un rapport final devrait être prêt à l'hiver 2022, et les résultats serviront à élaborer les lignes directrices nécessaires pour mieux protéger les Canadiens contre les risques liés à la chaleur en milieu intérieur. (CP : Victor Gallant; Kerri Warner)

Conditions météorologiques extrêmes et changements climatiques : santé de la population et système de santé

Les conditions météorologiques extrêmes et les catastrophes naturelles comptent parmi les menaces les plus importantes liées aux changements climatiques auxquelles la population canadienne devra faire face à l'avenir. Les changements climatiques devraient augmenter la fréquence et la gravité d'un certain nombre de dangers naturels, dont les épisodes de chaleur extrême, les inondations, les feux de forêt, les sécheresses, les tempêtes de verglas et les tornades. Pour guider l'élaboration de mesures d'adaptation efficaces depuis l'échelon local jusqu'à l'échelon national au Canada, il importe d'obtenir davantage de renseignements sur les liens entre, d'une part, les dangers météorologiques, hydrologiques et climatiques et, d'autre part, la santé, notamment les principaux facteurs de vulnérabilité. Le présent projet de recherche permettra de fournir des renseignements sur les toutes dernières recherches scientifiques sur les conditions météorologiques extrêmes dans un contexte de changements climatiques et sur les répercussions sur la santé de la population et le système de santé. L'étude a été publiée en 2021. (CP : Peter Berry)

Écologiser pour croître : une estimation économique des bienfaits pour la santé de l'exposition aux espaces verts

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) a pour objectif à long terme d'assurer la résilience de la population canadienne face aux effets des changements climatiques sur la santé. Ce projet de recherche mené par l'Institut national de santé publique du Québec vise à quantifier certains avantages socio-économiques liés à l'utilisation des espaces verts dans les zones urbaines en tant

qu'outil d'adaptation aux défis posés par les changements climatiques. Il y a actuellement peu de données sur ce sujet dans le monde. Le projet sera axé sur les principales régions urbaines du Québec et visera à élaborer une méthodologie qui pourra être utilisée à l'avenir dans des villes comparables d'ici et d'ailleurs (autres provinces du Canada, États-Unis, etc.). L'objectif principal du projet de recherche est de documenter quantitativement l'effet qu'ont les espaces verts sur la santé humaine et leur potentiel en ce qui a trait à l'adaptation aux changements climatiques. Pour ce faire, l'équipe de recherche effectuera une revue systématique de la littérature scientifique sur le sujet et une enquête en ligne sur l'exposition aux espaces verts urbains au Québec et leur utilisation dans plusieurs contextes. Ensuite, l'équipe de recherche quantifiera les avantages économiques associés à l'utilisation actuelle de ces espaces et à l'établissement futur d'espaces verts supplémentaires dans les zones urbaines. L'hypothèse est que des bienfaits découleront de la réduction potentielle des coûts de santé et de l'amélioration de la résilience en matière d'adaptation aux changements climatiques pour l'avenir. Enfin, les chercheurs prévoient formuler des recommandations pour l'application de la méthodologie de quantification partout au Canada et dans des territoires comparables. Ces recommandations porteront sur le cadre méthodologique, les données disponibles, l'harmonisation des paramètres à utiliser et les conditions de leur utilisation. (Collaborateurs : Monique D'Amour; Victor Gallant; Modjgan Alishahi)

[La santé des Canadiens dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir, 2021](#)

Le gouvernement du Canada prépare une série de ressources sur la façon dont le climat du Canada change. À cette fin, le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) de Santé Canada dirigera, de concert avec des partenaires du gouvernement et des partenaires externes, la prochaine évaluation sur la santé et les changements climatiques qui fera partie du rapport d'évaluation des connaissances sur les impacts et l'adaptation liés aux changements climatiques du gouvernement du Canada, dont la date de diffusion est prévue en 2021. Ce rapport sera fondé sur les deux évaluations antérieures sur les changements climatiques et leurs répercussions sur la santé, effectuées en 2008 et en 2014. L'évaluation vise à renforcer les connaissances sur les répercussions des changements climatiques sur la santé des Canadiens, les populations les plus préoccupantes et les régions vulnérables afin de permettre aux décideurs du secteur de la santé de prendre des mesures efficaces pour protéger la santé. Après avoir consulté les partenaires et sollicité les commentaires des Canadiens, on rédigera un rapport intitulé *Le Canada dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir*, lequel se penchera sur :

- les répercussions des changements climatiques sur la santé des Canadiens;
- les répercussions des changements climatiques sur le système de santé;
- les mesures permettant de s'adapter efficacement aux changements climatiques et de réduire les changements climatiques futurs.

L'évaluation définitive devrait être publiée en 2021. (CP : Peter Berry)

[Projet de recherche sur les leçons apprises du programme ADAPTATION Santé](#)

Le programme ADAPTATION Santé est un programme pluriannuel de renforcement des capacités lancé en 2018 pour aider le secteur de la santé du Canada à se préparer et à réagir aux répercussions des changements climatiques sur la santé. Le programme soutient l'élaboration, la mise à l'essai et la mise en œuvre de plans locaux et régionaux d'adaptation aux changements climatiques en matière de santé et vise à améliorer la compréhension des effets qu'ont les changements climatiques sur les systèmes de santé, la santé des Canadiens et les collectivités potentiellement plus à risque. Le programme a lancé un appel de propositions en 2018 et finance actuellement dix autorités sanitaires dans cinq provinces et territoires jusqu'en mars 2022. L'objectif du projet de recherche sur les leçons apprises du programme ADAPTATION Santé est de fournir aux autorités sanitaires du Canada des conseils pratiques sur la façon

de gérer les risques pour la santé liés au climat sur leur territoire, et plus particulièrement sur la façon d’amorcer une évaluation de la vulnérabilité et de l’adaptation (V et A) en matière de santé et de changements climatiques. L’équipe de recherche réalisera des sondages auprès des bénéficiaires de financement du programme ADAPTATIONSanté afin d’évaluer leur expérience avec le programme, de même que des sondages auprès des autorités sanitaires canadiennes qui n’ont pas mené d’évaluations de la V et A sur les changements climatiques et la santé afin de mieux comprendre les obstacles à la mise en place de telles évaluations. De plus, l’équipe de recherche effectuera des entrevues avec tous les bénéficiaires de financement du programme ADAPTATIONSanté afin de comprendre les difficultés qu’ils ont rencontrées au moment de commencer leurs projets ou les mesures qui les ont aidées à entamer leurs projets. Elle effectuera également des entrevues avec des experts en changements climatiques et en santé qui appuient les autorités sanitaires dans la réalisation des évaluations de la V et A sur les changements climatiques et la santé. Ce projet de recherche permettra de guider la production d’un document d’orientation, lequel présentera un résumé des leçons apprises du programme ADAPTATIONSanté. La production et la distribution de ce document d’orientation contribueront à réaliser l’objectif global du programme ADAPTATIONSanté, qui consiste à renforcer la capacité des autorités sanitaires du Canada à se préparer et à réagir aux effets des changements climatiques. (CP : Katie Hayes)

[Amélioration du recensement des décès liés à la chaleur au Canada : estimation de l’efficacité des soins médicaux au lieu où a été constaté le décès et répercussions pour les systèmes d’avertissement et d’intervention en cas de chaleur \(SAIC\) \(PE entre Santé Canada et le Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique, 2019-2021\)](#)

L’un des mandats du Bureau des changements climatiques et de l’innovation (BCCI) en ce qui concerne les dangers associés à la chaleur consiste à améliorer l’estimation des risques pour la santé liés à la chaleur. À de nombreux endroits, la mortalité attribuable à la chaleur est grandement sous-estimée, et il existe d’importants écarts dans les estimations des décès attribuable à la chaleur entre les administrations pour un même épisode de chaleur. On ne sait pas très bien s’il s’agit de véritables écarts ou si ces différences rendent compte de l’utilisation d’approches d’estimation différentes. Le fait de recenser tous les décès directement ou indirectement liés à la chaleur, ainsi que la raison, le lieu et le moment de survenue de ces décès aidera à adopter des approches de communication des risques et des mesures de gestion des risques efficaces et appropriées. En 2016, le Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique a publié une méthode unique (<https://doi.org/10.1186/s12940-016-0195-z>) qui permet de recenser les décès associés à la chaleur qui, autrement, pourraient avoir été omis dans les rapports du coroner classiques ou les autres sources de surveillance. En collaboration avec les autorités sanitaires locales et provinciales, le Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique examine les données sur la mortalité des épisodes de chaleur antérieurs et des périodes de contrôle en Ontario et au Québec pour mettre en œuvre ce cadre. La présente étude permettra de comparer les résultats obtenus au moyen des méthodes actuelles et des méthodes nouvelles pour évaluer les différences de décès attribuable au temps chaud entre les juridictions. Les résultats serviront à éclairer l’élaboration d’une approche canadienne plus cohérente. (Collaborateurs : Rebecca Stranberg)

[Étude des conditions associées au confort thermique dans les terrains de jeu au Canada](#)

Le jeu est une composante importante du développement physique, intellectuel et social d’un enfant. Les terrains de jeu servent de point central aux jeux d’enfants. Toute préoccupation touchant les niveaux de participation aux activités dans les terrains de jeu, comme l’équipement ou les températures non sécuritaires, peut donc nuire à la santé et au bien-être des enfants. Les températures enregistrées sur les surfaces des terrains de jeu comptent souvent parmi les plus élevées des zones urbaines. L’exposition dangereuse à la chaleur de même que les maladies et les blessures causées par la chaleur

sont de plus en plus préoccupantes au Canada. Les normes existantes relatives aux terrains de jeu sont axées sur l'équipement et les surfaces pour réduire les blessures par trébuchement ou par chute, mais elles ne tiennent pas compte des facteurs environnementaux qui influent sur l'exposition dangereuse et le stress thermique. Le présent projet, mené en partenariat avec le Conseil canadien des normes, avait pour objectif de proposer des lignes directrices pour la conception de terrains de jeu thermiquement confortables au Canada en vue de les inclure dans la norme CAN/CSA-Z614, Aires et équipements de jeu. À cette fin, l'équipe du projet a effectué une analyse documentaire détaillée des recherches, des normes et des pratiques de conception pertinentes, elle a réalisé une enquête d'évaluation des besoins auprès d'un large éventail d'experts et d'intervenants du Canada et de l'étranger, et elle a formulé des recommandations à inclure dans une annexe informative sur le confort thermique. Le projet a abouti à des résultats importants. Premièrement, l'équipe du projet a produit un rapport comportant des conseils sur la conception pour améliorer le confort thermique dans les terrains de jeu à l'échelle du Canada. Deuxièmement, l'Association canadienne de normalisation a approuvé une annexe de six pages renfermant des conseils semblables. Troisièmement, une organisation non gouvernementale a intégré les considérations relatives au « confort thermique » dans son concours national d'écologisation de terrains d'école. Des aires de jeu sécuritaires et confortables sur le plan thermique contribueront à faire en sorte que les terrains de jeu du Canada soient conçus de manière à réduire au minimum les risques pour la santé liés à l'environnement chez les enfants. Un résumé de ces travaux a été publié dans *La revue canadienne de santé publique* en 2021. (CP : Alexandra Rutledge; Gregory Richardson)

Effets potentiels des changements climatiques sur les évaluations des risques pour la santé humaine visant les sites contaminés au Canada (mars 2021)

Dans le cadre du programme du Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCF), Santé Canada a le mandat de fournir des conseils scientifiques d'expert en matière d'évaluation et d'atténuation des risques, une formation technique et d'autres outils pour aider les ministères gardiens fédéraux à évaluer et à gérer les risques pour la santé humaine associés à leurs sites contaminés. À ce jour, aucune directive ne précise comment tenir compte des changements climatiques au cours d'une évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH). Ce projet a fait le point sur l'état actuel des connaissances en ce qui concerne les considérations relatives aux changements climatiques dans le cadre d'une ERSH. Les objectifs précis étaient de déterminer les événements et les processus associés aux changements climatiques qui ont possiblement une incidence sur les composantes des ERSH, dont les évaluations de l'exposition et de la toxicité, et de caractériser les risques des substances chimiques potentiellement préoccupantes (SCPP). Les SCPP, notamment l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le mercure (Hg), les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA) et les hydrocarbures pétroliers (HCP), ont servi à évaluer si les effets des changements climatiques pourraient être intégrés au cadre actuel des ERSH. Il est important de comprendre les effets des substances chimiques et non chimiques sur la santé humaine. De nouvelles approches (p. ex. la voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables) qui tiennent compte des effets combinés de l'exposition aux substances chimiques et des changements climatiques sont en cours d'élaboration en vue d'une utilisation possible dans les ERSH. L'examen de la portée a permis de cerner de nombreuses lacunes liées aux données et aux connaissances. Pour ce qui est de la caractérisation des risques, une évaluation cumulative semble aborder adéquatement les effets des facteurs de stress chimiques et non chimiques. Des évaluations plus poussées de ces modèles ont été recommandées. L'ampleur de l'effet des changements climatiques sur la dose-réponse n'est pas totalement connue. De plus, on constate l'absence de méthodologies qui tiennent compte des risques pour la santé associés aux effets directs et indirects des changements climatiques. Un certain nombre d'études de suivi ont été recommandées; elles devraient porter sur les modèles cumulatifs, sur la caractérisation des récepteurs et sur des examens supplémentaires des évaluations de l'exposition et de la toxicité se rapportant à la gestion des risques associés aux sites contaminés. (CP : Asish Mohapatra; Laurie Chan, Université d'Ottawa, en collaboration avec Canada North Environmental Services Ontario)

Perceptions du public à l'égard des répercussions des changements climatiques sur la santé au Canada, 2021-2022

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) a pour objectif à long terme d'assurer la résilience de la population canadienne face aux effets des changements climatiques sur la santé. Pour élaborer des outils d'information efficaces qui protégeront la santé des Canadiens contre les répercussions des changements climatiques, il est important de comprendre le niveau de sensibilisation actuel de la population. Pour ce faire, il faut notamment comprendre la perception que les Canadiens ont des risques pour la santé liés aux changements climatiques et leur connaissance des enjeux qui les touchent maintenant et auxquels ils seront confrontés à l'avenir. Le profil d'information sur le rendement de Santé Canada en matière de changements climatiques nécessite de nouvelles données de recherche sur l'opinion publique (ROP) tous les cinq ans. Le Ministère a effectué une ROP en 2008 et en 2017. La prochaine mise à jour doit donc avoir lieu d'ici la fin mars 2022. La planification en prévision de la ROP a débuté en 2020. En consultation avec les intervenants internes et externes, l'équipe de recherche a examiné les questionnaires de ROP précédents afin de déterminer les questions qui demeurent pertinentes et qui devraient être conservées pour la prochaine ROP. Le questionnaire de ROP mis à jour comprendra également des questions portant sur des enjeux émergents, comme les

effets des changements climatiques sur la santé mentale. Cette mise à jour permettra de comprendre en quoi la sensibilisation et la compréhension du public à l'égard des changements climatiques ont évolué depuis 2017. Elle pourrait également aider le Ministère à organiser des campagnes de communication en santé publique plus efficaces pour ses programmes d'information et de formation qui ont pour but de protéger les Canadiens et leur santé contre les répercussions des changements climatiques. Ce projet est lié au programme de Santé Canada sur les changements climatiques, lequel vise à mieux faire connaître aux Canadiens les risques pour la santé liés à la chaleur extrême et aux autres dangers posés par les changements climatiques. Des renseignements sur les changements climatiques et les risques pour la santé ainsi que des conseils sur la protection de la santé sont fournis au grand public. (CP : Lubna Salman)

Effets des arbres urbains sur la santé humaine : revue exploratoire

La forêt urbaine est un système d'infrastructure verte qui offre de multiples services environnementaux, économiques, sociaux et de santé, et qui est situé dans les villes. Les avantages environnementaux des arbres en zone urbaine sont bien connus, mais aucune revue n'a porté jusqu'à maintenant sur l'effet qu'ont les arbres urbains sur la santé humaine. Cette revue fournit un résumé complet de la littérature disponible au sujet des effets des arbres urbains sur la santé, lequel résumé pourra orienter les futures recherches, politiques et interventions en santé publique axées sur la nature. L'équipe de recherche a effectué une recherche systématique à l'aide de mots clés sur la santé humaine, la santé environnementale et la foresterie urbaine. Après la présélection et l'évaluation de plusieurs milliers d'articles, 201 études ont été classées conceptuellement en trois catégories. La catégorie « réduction des méfaits », qui représente 41 % des études, comprend des thèmes comme la pollution de l'air, le rayonnement ultraviolet, l'exposition à la chaleur et le pollen. La catégorie « rétablissement des capacités », qui représente 31 % des projets, englobe la restauration de l'attention, la santé mentale, la réduction du stress et les résultats cliniques. La catégorie « renforcement des capacités », qui contient 28 % des études, comprend des thèmes comme les issues de grossesse, le mode de vie actif et le poids corporel. Les études examinées étaient plutôt hétérogènes au chapitre des objectifs et des méthodes; elles ont toutefois révélé d'importants résultats de santé liés à l'exposition aux arbres. Cette revue contribuera à orienter les recherches et les pratiques dans l'avenir. De plus, elle démontre pourquoi les arbres devraient être mis de l'avant de façon stratégique en tant que déterminant social de la santé publique dans la planification et la gestion des forêts urbaines. Aucun ensemble de données créé. Cette revue a été publiée en juin 2020 et comprend une liste de 198 références en tant que documents supplémentaires. (CP : Gregory Richardson)

Sécurité des produits de consommation

Étude sur l'usage du DEET

« DEET » est le nom courant du *N,N*-diéthyl-3-méthylbenzamide, une substance active présente dans les insectifuges personnels homologués par Santé Canada pour les enfants et les adultes. Le DEET aide à se protéger contre les piqûres de moustiques, de mouches noires et de tiques. La présente étude vise à produire des données de biosurveillance concernant le DEET utilisé chez les enfants dans les camps de vacances. Environ 125 enfants âgés de 7 à 13 ans pour lesquels l'utilisation de DEET était déjà prévue durant leur séjour dans un camp de vacances ont été recrutés après l'obtention du consentement des parents. Les chercheurs ont prélevé des échantillons d'urine sur une période de 24 heures chez les enfants lors du camp de vacances, puis ils ont analysé les échantillons pour déterminer la quantité de DEET et de deux métabolites dans leur organisme. Cette étude, qui complète d'autres études menées

par Santé Canada pour évaluer les expositions à des substances chimiques chez les enfants faisant un usage normal du DEET, permettra de mieux comprendre l'exposition des enfants canadiens au DEET et d'orienter toute recommandation à venir. (CP : Jennifer Gibson; Kim Irwin)

Absorption cutanée des ignifugeants dans une enquête sur les produits de consommation

Le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) est une initiative mise en œuvre par le gouvernement du Canada pour réduire les risques que présentent les produits chimiques pour les Canadiens et l'environnement. Les ignifugeants organiques figuraient parmi les substances chimiques désignées comme des priorités d'intervention dans le cadre de la deuxième et de la troisième phase du PGPC. En 2019-2020, afin d'appuyer les stratégies d'évaluation et de gestion des risques liés aux ignifugeants, le Laboratoire de la sécurité des produits (LSP) a mis à l'essai une série de produits de consommation contenant de la mousse de polymère pour y vérifier la concentration totale de cinq ignifugeants, soit le phosphate de tris(1-chloro-2-propyle) (TCPP), le phosphate de tris(1,3-dichloro-2-propyle) (TDCPP), la 1,3,5-triazine-2,4,6-triamine (mélamine), le phosphate de triéthyle (TEP) et le phosphate d'isopropylphényl (IPPP). Le projet actuel s'appuie sur les travaux de 2019-2020; l'équipe de recherche a évalué l'absorption cutanée du TEP, du IPPP et de la mélamine à l'aide d'un système de simulation de la transpiration. Le LSP a conçu et validé des méthodes d'essai pour évaluer l'absorption cutanée du TEP, du IPPP et de la mélamine en plus de mettre à l'essai une sous-catégorie de produits de consommation du projet de 2019-2020. Au total, l'équipe de recherche a mis à l'essai 27 échantillons pour évaluer l'absorption cutanée de la mélamine et 30 échantillons pour évaluer l'absorption cutanée du TEP et du IPPP. Mis à part l'absorption cutanée, le projet a permis d'évaluer la perte de concentration d'ignifugeants au fil du temps pendant l'entreposage. Pour ce faire, l'équipe a mis à l'essai le sous-ensemble de produits de consommation pour en déterminer la concentration totale après 20 mois d'entreposage. L'ensemble de données généré par ce projet permettra de soutenir les stratégies d'évaluation et de gestion des risques pour le TEP, le IPPP et la mélamine. (CP : Nathalie Ritchot; Katrina Griffiths)

Élaboration d'une méthode à haut débit en chambre d'essai pour la détermination des composés organiques semi-volatils dans les produits de consommation

Les produits de consommation sont d'importantes sources intérieures d'un grand nombre de substances chimiques, dont les composés organiques semi-volatils (COSV) tels que les plastifiants et les produits ignifuges. Les COSV présents dans les produits de consommation peuvent s'infiltrer dans un milieu intérieur par évaporation s'ils ne sont pas chimiquement liés aux matériaux polymères. Le taux d'évaporation, ou taux d'émission, est un élément d'information essentiel pour estimer les concentrations de COSV dans l'air intérieur et ainsi évaluer l'exposition humaine aux COSV émis par les produits. Comme les COSV ont une tension de vapeur relativement faible et ont tendance à être absorbés par les matériaux de surface, il est difficile de mesurer les taux d'émission des COSV au moyen des essais classiques dans une chambre à atmosphère contrôlée. De plus, lorsque la température augmente, le taux d'émission augmente également, alors que la désorption diminue. La relation entre la température et les taux d'émission peut être définie par un modèle empirique. Ainsi, les taux d'émission établis à des températures élevées dans des chambres à température contrôlée (ou chambres d'essai) peuvent être extrapolés à un taux d'émission à la température ambiante ou à une autre température donnée. Les essais effectués dans une chambre à atmosphère contrôlée et à des températures élevées peuvent réduire au minimum l'adsorption des COSV à la surface de la chambre et, par le fait même, la durée des essais. Le présent projet, qui consiste à réaliser des essais dans une chambre à atmosphère contrôlée à des températures élevées, vise à élaborer une méthode à haut débit en vue d'obtenir les taux d'émission de certains COSV bruts, dont les plastifiants et les produits ignifuges, et de produits contenant des COSV. Les taux d'émission servent à prévoir les concentrations de COSV dans l'air

intérieur découlant de l'utilisation de produits qui en contiennent, à l'aide de modèles du devenir de ces composés dans l'air intérieur. Les concentrations estimatives de COSV dans l'air intérieur seront utiles pour évaluer l'exposition humaine à ces composés et élaborer des politiques et des lignes directrices relatives à l'air intérieur. (CP : Jiping Zhu)

Élaboration d'une méthode d'analyse du microbiome dans la poussière domestique aux fins de l'évaluation de l'exposition aux microbes associés aux biotechnologies au Canada

Santé Canada évalue et gère les risques associés aux microorganismes employés dans le domaine des biotechnologies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). Il est notamment responsable des microorganismes inscrits sur la Liste intérieure des substances (LIS) qui sont présents dans certains types de produits de nettoyage microbiens sous forme d'ingrédients actifs. Ces produits sont utilisés à la place des nettoyeurs chimiques, ou comme additifs dans ceux-ci, et contribueraient à la biomasse dans la poussière domestique. On ignore les schémas d'exposition aux produits de nettoyage microbiens en milieu résidentiel et, sans cette information, il n'est pas possible d'évaluer avec exactitude les risques qui y sont liés. Au cours des dernières années, on a lancé au Canada des initiatives destinées à analyser la poussière domestique (l'Enquête sur la poussière domestique au Canada [EPDC] et l'étude de cohorte de naissance Canadian Healthy Infant Longitudinal Development [CHILD]), lesquelles se sont avérées utiles pour mieux comprendre la composition de cette poussière. Le présent projet vise à analyser l'ADN métagénomique extrait des échantillons de poussière prélevés dans des résidences canadiennes afin d'orienter l'évaluation des produits de nettoyage microbiens issus des biotechnologies. L'ADN métagénomique doit être analysé, car les méthodes de culture microbienne permettent seulement la croissance d'une fraction de la flore microbienne. Le principal objectif consiste à mettre au point une méthode d'estimation de la présence, dans la poussière domestique, de microorganismes inscrits sur la LIS et à donner un aperçu de la quantité de microorganismes présents dans les résidences où des produits de nettoyage microbiens sont utilisés comparativement à la quantité de microorganismes présents dans les résidences où l'on utilise des produits de nettoyage chimiques. (CP : Phil Shwed)

Mise au point de méthodes d'identification et d'évaluation des dangers associés aux microorganismes liés à la biotechnologie : évaluation de la virulence des agents pathogènes humains opportunistes présents dans les mélanges microbiens

Les microorganismes sous forme de mélanges hétérogènes (c.-à-d. mélanges microbiens, consortiums microbiens) doivent faire l'objet d'une évaluation préalable détaillée, par les fabricants, de la pathogénicité pour l'humain et des répercussions environnementales. Selon la réglementation actuelle, chaque microorganisme qui se trouve dans le mélange doit faire l'objet d'une évaluation préalable distincte, un processus qui peut être long et coûteux. Ce projet vise à comparer les caractéristiques de virulence (p. ex. température de croissance, résistance aux antibiotiques, toxicité cellulaire) de plusieurs agents pathogènes connus dans des cultures pures aux caractéristiques de virulence observées dans un mélange de microorganismes utilisé en biotechnologie, et ce, afin de vérifier si les caractéristiques pathogènes pourraient être masquées dans les mélanges de microorganismes comparativement aux cultures pures. L'objectif est de concevoir et d'adapter des méthodes qui pourront être appliquées à tout type de mélange microbien hétérogène envisagé pour des applications commerciales en biotechnologie. (CP : Azam Tayabali)

Élaboration de méthodes d'analyse de la pathogénicité aux fins de l'évaluation du danger associé aux microorganismes utilisés en biotechnologie

Les microorganismes sont couramment utilisés en biotechnologie dans des applications industrielles (p. ex. production de biocarburant), des applications de consommation (p. ex. produits de nettoyage) ou de nouvelles applications (p. ex. biologie synthétique). Ils s'apparentent parfois aux microorganismes capables de causer des infections, surtout chez les personnes immunodéprimées. Les agents pathogènes qui peuvent infecter les personnes dont le système immunitaire est affaibli sont connus sous le nom d'agents pathogènes opportunistes. Les agents pathogènes opportunistes peuvent posséder des traits communs avec les microbes utiles à la biotechnologie, ce qui pourrait représenter un grave problème pour la gestion des risques. Ainsi, pour que les évaluations des risques soient effectuées à l'aide des meilleures données disponibles, il est important de mettre en place des protocoles fiables d'analyse de la pathogénicité. Le projet consiste à mettre au point des méthodes claires et graduelles pour évaluer la pathogénicité des nouveaux microorganismes destinés à un usage en biotechnologie. À l'heure actuelle, il n'existe aucune méthode de laboratoire normalisée pour l'analyse de la pathogénicité des agents pathogènes opportunistes. Cependant, la mise au point de telles méthodes est nécessaire, car il faut réduire le fardeau réglementaire découlant du nombre de documents non normalisés soumis par l'industrie. De plus, ces méthodes permettront aux responsables de la réglementation de guider les intervenants de l'industrie de la biotechnologie lorsqu'ils avisent Santé Canada que de nouveaux microorganismes seront importés ou fabriqués au Canada. Parmi les nouvelles méthodes innovatrices, on compte entre autres des études de toxicité avancées sur la communication intercellulaire, la détection simultanée de multiples indicateurs de toxicité et des méthodes qui permettront un jour d'éliminer les essais sur des animaux. Ultimement, les méthodes d'analyses microbiologiques et les nouveaux modèles de laboratoire feront progresser considérablement la prise de décisions fondées sur la science par les organismes de réglementation et les évaluateurs. De plus, grâce à ces méthodes, les évaluations des risques tiendront compte des personnes les plus sensibles de la population en plus de garantir des produits biotechnologiques plus sûrs pour les consommateurs. (CP : Azam Tayabali)

Concentrations environnementales de médicaments vétérinaires et de médicaments à usage humain dans les eaux de surface et les sédiments

La division responsable de l'évaluation des substances visées par la *Loi sur les aliments et drogues* (LAD), qui relève du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN), a été créée pour évaluer les risques potentiels pour l'environnement et la santé publique associés à l'exposition environnementale aux substances contenues dans les produits régis par la LAD, comme les médicaments à usage humain, les produits biologiques, les médicaments vétérinaires, les cosmétiques, les aliments nouveaux, les additifs alimentaires, les produits de santé naturels et les instruments médicaux. Les objectifs du projet de recherche étaient : (a) d'élaborer et de valider des méthodes additionnelles requises pour analyser un ensemble de substances médicamenteuses et b) de caractériser les concentrations environnementales de 16 substances qui figurent sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) et qui sont largement utilisées au Canada dans des sites touchés par des activités agricoles et des effluents de stations de traitement des eaux usées dans six bassins versants en Ontario et au Québec. Au total, 228 échantillons d'eau ont été analysés par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS), ce qui a rendu possible la détection de 11 des 16 composés. La venlafaxine a été le composé plus détecté (à 158 reprises), tandis que le tazobactam et la fluvoxamine n'ont été retrouvés que dans deux et un sites, respectivement. Bien qu'elle n'ait été détectée que dans 34 échantillons d'eau de surface, c'est la guanylurée, le produit de dégradation de la metformine, qui a été détectée dans les plus fortes concentrations. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des substances figurant sur la LRSC

et des nouvelles substances présentes dans les produits réglementés par la LAD qui doivent être déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). (CP : Dianne Hughes; Jean Grundy)

Identification de substances inconnues dans les liquides de recharge et les vapeurs des cigarettes électroniques

Les produits de vapotage électroniques (PVE), appelés aussi « cigarettes électroniques », sont des dispositifs à piles conçus pour produire un aérosol qui est inhalé par l'utilisateur. Au Canada, des centaines de milliers de personnes utilisent des PVE pour inhaler de la nicotine. Le dispositif produit un aérosol à partir d'un liquide, appelé « liquide à vapoter », qui se trouve dans un réservoir ou une cartouche et qui contient du propylène glycol, du glycérol, de la nicotine et divers arômes. Lorsqu'on utilise le dispositif, l'élément chauffant, logé dans un atomiseur, transforme le liquide à vapoter en vapeur. La vapeur se condense ensuite rapidement en un aérosol qui est inhalé par l'utilisateur. À la lumière des conclusions d'un examen effectué par le Bureau de la recherche et de la surveillance (BRS) de la Direction de la lutte contre le tabagisme de Santé Canada, les liquides à vapoter contiennent beaucoup de substances chimiques nocives bien connues que l'on trouve également dans le tabac. Toutefois, on en sait très peu sur la formulation complète des milliers de liquides à vapoter offerts sur le marché canadien. La présente étude vise à renforcer la capacité de Santé Canada d'analyser les mélanges complexes des liquides à vapoter. Les résultats du projet de caractérisation ouverte viendront compléter l'ensemble des connaissances existantes sur les constituants des liquides à vapoter. Les résultats appuieront également la prise de décisions et les activités réglementaires en fournissant au Bureau de la recherche et de la surveillance en matière de tabac des données sur la composition chimique des liquides de recharge des cigarettes électroniques et de leurs aérosols d'après l'information disponible sur des produits offerts sur le marché canadien. (CP : Cariton Kubwabo)

Évaluation de la toxicité *in vitro* des nanoformes de l'oxyde de zinc

Santé Canada est responsable de l'évaluation et de la gestion des risques associés aux nanomatériaux manufacturés. Les nanomatériaux d'ingénierie, dont font partie les nanoformes d'oxyde de zinc (ZnO), sont intégrés à divers produits de consommation. Les nanoparticules d'oxyde de zinc, par exemple, comportent un large éventail d'applications dans les peintures, les revêtements, les matériaux de construction, les agents antibactériens, les écrans solaires, les hydratants, les emballages d'aliments, etc. Ces nanomatériaux peuvent ainsi avoir des effets sur la santé humaine et posent également problème en ce qui concerne la détermination des dangers et l'évaluation des risques en raison du manque de données fiables sur leurs propriétés physico-chimiques et leur toxicité. Il devient alors difficile pour les organismes gouvernementaux d'élaborer des lignes directrices sur l'évaluation efficace des dangers liés à ces matériaux. Dans son analyse récente des lacunes en matière de données sur les formes nanométriques des substances figurant sur la Liste Intérieure des Substances (LIS), le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) de Santé Canada a identifié les formes nanométriques de l'oxyde de zinc (n° CAS 1314-13-2) comme faisant partie des 53 nanomatériaux sur le marché pour lesquels des renseignements sont nécessaires afin d'aider à personnaliser les stratégies d'évaluation et de gestion dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC). Les présents travaux visent à mener une évaluation de la cytotoxicité *in vitro* des formes nanométriques de l'oxyde de zinc dans deux types de cellules pulmonaires afin de déterminer leur toxicité relative, au moyen de diverses méthodes d'essais de toxicité. L'équipe de recherche a mesuré les changements liés au stress oxydatif et les protéines sécrétées pour recueillir des renseignements sur les voies de toxicité. Elle étudie également l'association entre la puissance des nanoparticules d'oxyde de zinc et leurs propriétés physico-chimiques. Les renseignements sur la toxicité obtenus dans le cadre de ces travaux de recherche contribueront à faire progresser les processus d'évaluation des risques du BECSN en plus de soutenir les

engagements qu'a pris Santé Canada envers le Groupe de travail sur les nanomatériaux manufacturés (GTNM) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (CP : Premkumari Kumarathasan; Azam Tayabali)

Augmentation du nombre d'appels relatifs à une exposition à certains nettoyants et désinfectants au début de la pandémie de COVID-19 : données des centres antipoison canadiens

Le Système canadien de surveillance des données sur les intoxications (SCSDI), dirigé par Santé Canada, est un réseau en développement composé de centres antipoison, d'autorités sanitaires et d'organismes de réglementation, qui facilite la détection précoce des incidents d'empoisonnement et une alerte rapide au niveau national afin d'éclairer les interventions en matière de réduction des risques. Dans le contexte de la pandémie de COVID-19, des préoccupations ont été soulevées quant au risque de mauvaise utilisation des produits de nettoyage et des désinfectants; le SCSDI a surveillé et évalué ces préoccupations. Il y a eu une augmentation globale du nombre d'appels concernant plusieurs produits de nettoyage et désinfectants pendant la pandémie, l'augmentation pouvant atteindre jusqu'à 400 % pour certains produits par rapport à la même période de l'année précédente. (CP : Abdool Yasseen)

Dispositif portable de biodétection automatique des agents biologiques à double usage pouvant constituer des menaces pour les systèmes essentiels d'approvisionnement en eau (PCSS de RDDC)

Les percées en génie génétique et en biotechnologie synthétique posent des menaces inconnues qui doivent être évaluées et contrées. Le présent projet vise à développer un capteur biologique pouvant détecter des bactéries spécifiques (espèces du genre *Bacillus*) qui sont couramment utilisées en biotechnologie, mais qui pourraient être détournées à des fins bioterroristes. Ces bactéries sont dites « à double usage » parce qu'elles peuvent être utilisées à bon ou à mauvais escient. Le dispositif proposé, qui est destiné à être connecté physiquement aux systèmes d'approvisionnement en eau (p. ex. sources d'approvisionnement en eau potable, barrages, conduites, usines d'épuration, sites récréatifs), sera en mesure de concentrer et d'échantillonner régulièrement (c.-à-d. tous les jours) les bactéries sans intervention de l'utilisateur. Le projet vise à fournir, en plus de ce dispositif automatique portable, des connaissances de base sur le potentiel pathogène des bactéries utilisées dans les applications de biotechnologie. Une méthode sera mise au point pour reproduire le mécanisme infectieux de microorganismes étroitement apparentés à la menace biologique connue, *Bacillus anthracis*, qui cause la maladie du charbon. Plus précisément, *Bacillus anthracis* infecte des globules blancs spécifiques appelés « macrophages ». En vérifiant si d'autres bactéries utilisées en biotechnologie peuvent infecter les macrophages, on disposera d'une méthode fonctionnelle d'évaluation de la pathogénicité. Le projet vise aussi à déterminer si les espèces du genre *Bacillus* d'origine biotechnologique peuvent être détectées dans les eaux de surface naturelles à l'aide de méthodes moléculaires et d'un système d'identification des bactéries spécialement conçu pour les souches biotechnologiques utilisées au Canada. Le projet aboutira à la mise au point d'un capteur biologique novateur pour la détection automatique des souches de *Bacillus* pouvant faire l'objet d'un double usage et à la production de renseignements importants sur le potentiel pathogène et la présence dans l'environnement des espèces biotechnologiques de *Bacillus* qui sont étroitement apparentées à des agents pathogènes humains connus. (CP : Azam Tayabali)

Substances contrôlées

[Ajout de benzodiazépines à la méthode d'identification des opioïdes par chromatographie liquide à ultra haute performance couplée à la spectrométrie de masse de haute résolution à quadripôle et temps de vol \(UPLC-QToF HR MS^E\)](#)

Au laboratoire du Service d'analyse des drogues (SAD) de Santé Canada, notre mandat est d'identifier les substances contrôlées afin de soutenir la sécurité publique et l'application de la loi. Les benzodiazépines sont une classe de médicaments parmi les plus prescrits sur le marché pharmaceutique. Les tendances récentes en matière de drogues saisies révèlent que des benzodiazépines de synthèse sont souvent mélangées à d'autres drogues nocives, telles les opioïdes. Comme les benzodiazépines sont des drogues puissantes qui font l'objet d'une consommation problématique et que des études ont montré que les risques de dépendance et de sevrage sont accrus, la détection de ces composés est cruciale pour la protection de la santé des Canadiens. Historiquement, les méthodes utilisées pour détecter les benzodiazépines au SAD nécessitaient du travail supplémentaire car les extractions sur des instruments moins sensibles requièrent beaucoup de main-d'œuvre. Il était donc nécessaire de créer une nouvelle méthode analytique pour détecter et certifier ces composés de manière précise et efficace. Un projet a été mené par le SAD pour détecter et identifier correctement ces composés à l'aide d'une instrumentation très sensible : la spectrométrie de masse à temps de vol. En ajoutant les benzodiazépines au champ d'application de notre méthode d'identification des opioïdes précédemment validée par UPLC-QToF HR MS^E, nous sommes désormais en mesure de signaler rapidement et efficacement ces analytes. Le processus global nécessaire à la certification de ces composés est désormais simplifié; davantage d'échantillons peuvent être analysés avec précision en moins de temps. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Stephanie Dubland)

[Initiative de collaboration en matière de réduction des méfaits entre Santé Canada et le Centre on Substance use de la Colombie-Britannique pour une vérification précise des drogues dans la communauté](#)

Dans le contexte de la crise des surdoses d'opioïdes et de l'augmentation des décès liés aux surdoses observée en Colombie-Britannique où près de 90 % des surdoses se produisent à l'intérieur du domicile, ce qui rend difficile l'intervention des premiers répondants, la mise en œuvre de programmes de vérification de drogues a eu un impact positif. Un projet pilote visant à vérifier le contenu des drogues de rue en Colombie-Britannique à l'aide de méthodes qui pourraient être utilisées dans des points de service a permis aux clients de faire vérifier leurs drogues en temps réel et offert une rétroaction immédiate dans la communauté. Le Service d'analyse des drogues (SAD) de Santé Canada et le Centre on Substance Use de la Colombie-Britannique (BCCSU) ont collaboré pour mieux comprendre les lacunes de détection de la méthode par FTIR et des bandelettes réactives utilisées dans la communauté. Lorsque des lacunes ont été identifiées, d'autres méthodes de détection ont été explorées. Les lacunes actuelles dans la détection communautaire incluent le carfentanyl, l'étizolam, les cannabinoïdes synthétiques et les benzodiazépines puissantes. Une méthode quantitative de résonance magnétique nucléaire pour les opioïdes (RMNq) a été utilisée pour fournir la composition relative en pourcentage des composants des mélanges de drogues de rue. En outre, d'autres techniques sensibles, notamment un dosage par spectrométrie de masse chromatographique liquide du (ou des) opioïdes et des mélanges de benzodiazépines puissantes, ont été utilisées lorsque cela est nécessaire pour les mélanges dilués. En date de juillet 2021, 13 produits du savoir ont été publiés ou acceptés et 5 autres articles sont en préparation sur la base des données issues de cette entente de collaboration. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Richard Laing)

Enquête sur la d,l-Méthamphétamine à la recherche d'informations spécifiques sur la voie de synthèse

Pour améliorer nos connaissances en matière d'analyse de pièces à conviction, les résidus d'analyse d'échantillons de méthamphétamine ont été analysés par le Service d'analyse des drogues (SAD) de Santé Canada afin d'obtenir d'autres informations sur leur profil chimique. Bien que les deux énantiomères de la méthamphétamine (*d* et *l*) soient répertoriés en vertu de la Loi réglementant certaines drogues et autres substances (LRCDAS), les distinguer permet de surveiller les tendances associées à la fabrication de la méthamphétamine, notamment pour les voies de synthèse et les précurseurs utilisés. On pose l'hypothèse que l'interdiction des précurseurs pseudoéphédrine et éphédrine par le Canada, les États-Unis et le Mexique a poussé les producteurs illicites à utiliser le processus phenyl-2-propanone (P2P) au Mexique, tandis qu'au Canada, l'accès aux suppléments en produits naturels et aux décongestionnants a permis un approvisionnement national régulier. Les échantillons ont été quantifiés en utilisant une solution étalon interne contenant de l'acide maléique dans de l'eau deutérée. Pour différencier les deux énantiomères, des expériences de RMN ont été réalisées dans un environnement chiral en utilisant le réactif de résolution chirale (R)-(+)-1,1'-bi(2-naphthol) ou BINOL. Tous les résidus de l'échantillon se sont révélés être de la *d*-méthamphétamine. Ces résultats sont conformes aux rapports de profilage de méthamphétamine du laboratoire d'analyse spécial de la *Drug Enforcement Agency* (DEA) des États-Unis. Actuellement, le SAD n'est pas en mesure de différencier la source de la *d*-méthamphétamine produite par la méthode de l'éphédrine ou l'enrichissement énantiomérique de la *d*-méthamphétamine par la méthode P2P, jusqu'à ce que, si ou quand, des techniques et des méthodes plus spécifiques soient développées au sein du SAD pour atteindre cet objectif. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Richard Laing)

Identification et quantification de la cocaïne, de l'héroïne, de la méthamphétamine et de la MDMA par chromatographie liquide à ultra haute performance (UPLC) et spectrométrie de masse à triple quadripôle

Le Service d'analyse des drogues (SAD) fournit des services scientifiques et techniques de qualité en appui à l'application de la Loi réglementant certaines drogues et autres substances et ses règlements. Le degré de pureté d'une drogue est important à des fins d'enquête et de détermination de la peine. Les méthodes précédentes utilisées par le SAD étaient axées sur la quantification d'un composé spécifique à la fois. Cette nouvelle méthode a été mise au point pour mesurer efficacement la concentration de cocaïne, d'héroïne, de méthamphétamine et de MDMA dans une pièce à conviction. Outre la quantification simultanée de plusieurs drogues d'intérêt, la méthode utilise un spectromètre de masse à triple quadripôle, capable d'identifier avec précision des composés à faible concentration. Les statistiques sur les saisies de drogues montrent qu'il existe une tendance au mélange des drogues. Contrairement aux environnements de recherche, où les échantillons sont relativement purs ou mélangés dans des matrices simples, les drogues saisies sont souvent présentes dans des mélanges complexes. La technologie utilisée dans cette méthode est capable de séparer efficacement les composés d'intérêt des mélanges complexes, et d'identifier et de mesurer avec précision la pureté individuelle de ces composés. Divers tests effectués lors de la phase de validation ont permis de s'assurer de l'applicabilité de la méthode pour des échantillons réels. Depuis la mise en œuvre de la méthode, elle a été appliquée à un grand nombre de pièces à conviction et s'est avérée très utile pour l'analyse efficace et précise de ces composés. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Stephanie Dubland)

Impact de la filtration des opiacés pharmaceutiques en remplacement des opioïdes de rue pendant la COVID

Le 20 mars 2020, le *Vancouver Coastal Health* (VCH) et le *BC Centre on Substance Use* (BCCSU) ont publié un nouveau guide clinique provisoire sur la réduction des méfaits qui encourage la prescription d'alternatives pharmaceutiques à l'approvisionnement en médicaments toxiques comme moyen de réduire le risque de surdose. On soupçonne qu'une proportion considérable de ceux qui reçoivent des alternatives pharmaceutiques prescrites sous forme de comprimés ou de capsules orales se les injecteront probablement. Comme ces formulations sont destinées à être ingérées, elles contiennent des liants, des agents de remplissage, des enrobages, des cires et des colorants qui peuvent causer un certain nombre de problèmes de santé s'ils sont injectés, mais il manque d'études publiées sur l'efficacité des filtres avant l'injection. Le Service de réduction des méfaits du *BC Center for Disease Control* (BCCDC) a demandé au Service d'analyse des drogues (SAD) de Santé Canada de l'aider à analyser l'efficacité de certains filtres sur différentes préparations d'opioïdes prescrites. Cependant, le SAD n'est pas équipé pour étudier directement les excipients non dissous. Au lieu de cela, une étude sur l'effet des filtres sur la récupération des ingrédients actifs, à savoir le sulfate de morphine et le chlorhydrate d'hydromorphone, en utilisant trois filtres différents et dans des préparations d'eau chaude et d'eau froide, a été réalisée. Les résultats indiquent qu'aucune approche unique n'est systématiquement meilleure pour chaque formulation. La préparation à chaud ne produit pas systématiquement une récupération plus élevée de l'ingrédient actif, comme prévu initialement. L'étude du SAD se concentre sur l'effet des filtres et ne peut pas être utilisée pour élaborer des directives sur la manière de réduire les risques associés à la dissolution et à l'injection de formulations pharmaceutiques orales. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Richard Laing)

Étude sur le devenir et les effets de la metformine dans l'environnement

La division responsable de l'évaluation des substances visées par la *Loi sur les aliments et drogues* (LAD), qui relève du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN), a été créée pour évaluer les risques potentiels pour l'environnement et la santé publique associés à l'exposition environnementale aux substances contenues dans les produits régis par la LAD, comme les médicaments à usage humain, les produits biologiques, les médicaments vétérinaires, les cosmétiques, les aliments nouveaux, les additifs alimentaires, les produits de santé naturels et les instruments médicaux. À l'heure actuelle, l'un des contaminants les plus répandus est la metformine, un médicament contre le diabète de type 2 prescrit à près de 120 millions de personnes dans le monde et souvent détecté à des plages de concentration allant des ng/L aux µg/L dans les eaux de surface et les effluents d'eaux usées. Cependant, très peu d'études scientifiques décrivent le devenir de la metformine dans le milieu aquatique et ses effets sur ce dernier. De récents travaux en laboratoire font état d'effets significatifs observés sur le profil métabolique et la croissance larvaire, en plus d'une variation des taux de stéroïdes sexuels hépatiques chez les médakas adultes. Ces observations ont soulevé des préoccupations quant aux effets de la metformine sur les poissons sauvages, de même que sur son devenir et ses éventuels effets sur l'ensemble de l'écosystème aquatique. Pour donner suite à ces préoccupations, Santé Canada a collaboré avec la Division de la recherche sur les contaminants aquatiques d'Environnement et Changement climatique Canada. Une étude en mésocosmes d'une durée de huit semaines a été menée dans la région des lacs expérimentaux de l'Institut international du développement durable. Cette étude visait à déterminer le devenir de la metformine dans le milieu aquatique ainsi que les effets du composé sur le biote aquatique au moyen d'une analyse du réseau trophique. Comme la metformine s'est avérée plutôt stable dans les mésocosmes, l'équipe de recherche a élargi la portée de l'étude et a évalué la dégradation de la metformine au cours de l'automne et de l'hiver 2019 jusqu'au printemps et à l'été 2020. En plus d'étudier le devenir de la metformine au cours

de saisons additionnelles, l'équipe a également déployé des marais flottants artificiels dans les mésocosmes de façon à évaluer leur capacité à absorber la metformine et à la retirer du milieu aquatique. Ces données seront directement utilisées dans les évaluations environnementales des substances figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) et des nouvelles substances présentes dans les produits réglementés par la LAD qui doivent être déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE). (CP : Dianne Hughes, Jean Grundy)

Validation d'une méthode permettant d'analyser 14 drogues préoccupantes et métabolites dans les eaux usées

Santé Canada a le mandat de réduire les méfaits associés à la consommation d'opioïdes et d'autres substances psychoactives chez les Canadiens. L'étude épidémiologique des drogues préoccupantes et de leurs métabolites par l'analyse des eaux usées est un domaine en plein essor permettant d'établir les tendances temporelles et géographiques de la consommation de drogues. Une méthode permettant de mesurer les concentrations de diverses drogues dans les eaux usées a été validée en collaboration avec Statistique Canada dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les eaux usées. Cette méthode d'analyse permet de mesurer les concentrations des 14 drogues et métabolites suivants dans les eaux usées : amphétamine, benzoylecgonine, cocaïne, codéine, fentanyl, héroïne, 6-monoacétylmorphine (6-MAM), MDMA, méthadone, méthamphétamine, morphine, 11-Nor-9-carboxyl-D9-tétrahydrocannabinol (THC-COOH). Pour valider la méthode, un enrichissement de 100 mL d'eau du robinet avec trois concentrations (20 ng/L, 100 ng/L et 200 ng/L) d'un mélange de 14 analytes et d'un étalon interne marqué a été effectué. L'eau du robinet a été filtrée à l'aide d'un filtre en fibre de verre (de grade 693), acidifiée avec de l'acide chlorhydrique à 0,1 % et passée dans un système d'extraction en phase solide Oasis en mode d'échange cationique mixte. Une première élution avec 8 mL de méthanol, puis avec 8 mL de dichlorométhane/isopropanol/hydroxyde d'ammonium ont été effectuées. Les extraits ont été évaporés, puis reconstitués dans un mélange 7:3 d'eau et de méthanol pour les analyser par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse. La limite de détection de la méthode est entre 0,2 ng/L et 16 ng/L, et sa limite de quantification est entre 0,6 ng/L et 53,3 ng/L. L'évaluation de l'exactitude et de la précision de la méthode a révélé un % de récupération entre 80 % et 115 % et un écart-type relatif entre 3 % et 25 % aux trois concentrations enrichies. Avec cette méthode, les concentrations de ces drogues dans les eaux usées provenant de cinq villes canadiennes seront déterminées. Les laboratoires des aliments de Santé Canada reçoivent des fonds de Statistique Canada, Centre pour les données sur la santé populationnelle, pour ce projet en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Kerry Kwong)

Identification et quantification des drogues de rue par RMNq à multicomposants

En 2018, le Service d'analyse des drogues (SAD) a été financé par la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances afin d'élargir ses analyses pour des projets destinés à des clients non traditionnels tels que les autorités sanitaires provinciales et les programmes régionaux ou communautaires de vérification des drogues. Les mélanges de drogues sont souvent constitués de molécules d'intérêt et d'agents de coupe pour lesquels il existe des spectres de référence de RMN de haute qualité. Toutefois, en cas de chevauchement important des résonances, l'analyse et l'interprétation des spectres peuvent nécessiter un temps exorbitant ou devenir irréalisables. Ceci est un défi important pour la mise en œuvre de la RMN en tant qu'instrument de routine à haut débit dans un laboratoire judiciaire. Le SAD a ainsi mis au point un algorithme à multi-composants et multi-résonance pour analyser des mélanges complexes de drogues à l'aide de la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire quantitative (RMNq), une technique analytique puissante pour l'identification et la quantification des composants présents dans un échantillon. Le spectre RMN ^1H du mélange de drogues peut être réduit à une

combinaison linéaire de spectres de référence, et l'analyse du mélange de drogues devient un problème de décomposition du signal pour trouver les poids de chacun des spectres de référence afin de reconstruire le spectre du mélange. L'algorithme RMNquant peut identifier, séparer et quantifier les résonances qui se chevauchent et proviennent de différents composants dans les matrices de drogues les plus courantes. Cette solution a été mise en œuvre avec succès pour l'analyse des drogues dures et de la résine de cannabis. Ses atouts sont la simplicité de la préparation des échantillons, la rapidité de l'analyse, la haute spécificité et la flexibilité de la bibliothèque qui permettent l'ajustement à de nouveaux composés. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Richard Laing)

Alimentation et nutrition

[Développement et validation de la méthode de dosage de la vitamine K \(K1 et K2 sous -type MK4\) dans les aliments vendus au détail à l'appui du Fichier canadien sur les éléments nutritifs](#)

Le Fichier canadien sur les éléments nutritifs (FCEN) est une base de données complète sur la composition des aliments qui permet de déclarer les quantités de nutriments dans les aliments couramment consommés au Canada. Il existe actuellement très peu d'informations sur les niveaux de vitamine K dans les aliments de source canadienne. Les données disponibles se limitent généralement aux niveaux K1, l'un des deux sous-types de vitamine K présents dans la nature. La vitamine K est un groupe de vitamines liposolubles que l'on trouve dans les aliments et qui remplissent plusieurs fonctions essentielles dans le corps humain, notamment la production de protéines de coagulation du sang. La vitamine K1 est présente naturellement dans les plantes, en particulier dans les légumes à feuilles verts foncés comme les épinards et le chou frisé. Chez les animaux, la K1 est convertie en MK4 (un sous-type de vitamine K2), elle se trouve donc dans les aliments d'origine animale. La détermination de la K1 et de la MK4 dans les aliments que nous consommons est donc essentielle pour comprendre notre apport alimentaire en vitamine K. Le laboratoire des aliments a développé et validé une méthode pour déterminer la vitamine K dans une variété d'échantillons d'aliments recueillis pour SNAP-CAN. Ce sera la première fois que des données générées au Canada pour la vitamine K1 et MK4 seront rapportées dans le FCEN. En bref, la méthode utilise une digestion enzymatique pour décomposer les protéines, suivie d'une extraction à l'hexane pour isoler les vitamines liposolubles. Cet extrait est purifié et concentré, et les niveaux de K1 et MK4 sont déterminés par chromatographie liquide à ultra-haute performance en tandem avec un spectromètre de masse. Les niveaux de détection sont de 0,05 µg/100 g pour la K1 et de 0,06 µg/100 g pour la MK4. Les Laboratoires des aliments de Santé Canada reçoivent du financement de base-A pour ce travail de recherche à l'appui de la priorité ministérielle sur les aliments et la nutrition. (CP : Monica Dyck)

Effets des substances chimiques sur la santé

[Une stratégie d'essais intégrés visant à évaluer les mutations génétiques de cellules somatiques et germinales de rongeurs transgéniques à l'aide de la ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques n° 488 et du modèle MutaMouse](#)

Santé Canada contribue à l'élaboration et à la normalisation de lignes directrices sur les essais acceptées à l'échelle internationale pour l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Les lignes directrices sont régulièrement utilisées pour évaluer l'innocuité des substances

chimiques avant qu'elles soient commercialisées. Santé Canada a joué un rôle fondamental dans l'élaboration de la ligne directrice n° 488 (essais de mutations chez les rongeurs transgéniques), qui vise à évaluer l'induction de mutations génétiques (modification de la séquence d'ADN) dans les cellules germinales (spermatozoïdes et ovules) ou somatiques (tout autre type de cellule de l'organisme). Les mutations des cellules germinales peuvent se transmettre à la descendance, entraînant ainsi des effets génétiques héréditaires qui ont une incidence sur l'individu et la population. Les mutations des cellules somatiques augmentent le risque de développer un cancer. Malgré ces effets distincts, les essais réglementaires sont presque exclusivement réalisés sur des cellules somatiques. Un obstacle majeur est la nécessité d'avoir recours à un second groupe d'animaux lors d'essais sur les cellules germinales, en raison de la durée de la spermatogenèse (processus de production des spermatozoïdes). Les travaux réalisés antérieurement dans le cadre de ce projet ont généré des données essentielles qui ont récemment amené l'OCDE à mettre à jour la ligne directrice n° 488 en ce qui concerne la méthode recommandée pour l'évaluation de la mutagenicité sur les cellules germinales. Ces travaux permettent de croire qu'il serait possible de choisir un point temporel unique pour l'analyse des mutations dans les cellules germinales et somatiques des mêmes animaux avec une sensibilité comparable. Toutefois, davantage de données sont nécessaires pour démontrer l'effet du point temporel propre aux cellules germinales pour ce qui est de la détection des mutations dans les tissus somatiques. Les travaux réalisés depuis ont permis à l'équipe de recherche de générer des données qui démontrent la pertinence du point temporel unique pour les essais de mutagenicité en ce qui concerne les tissus somatiques. Cette stratégie permettra de réduire considérablement le nombre d'animaux nécessaires à la réalisation d'essais. (CP : Francesco Marchetti)

Évaluation du potentiel cancérigène des produits chimiques du PGPC par l'application et l'examen de l'essai de transformation cellulaire sur cellules embryonnaires de hamster syrien (SHE-CTA)

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), dont fait partie le Canada, et le Centre européen de validation des méthodes alternatives (ECVAM) sont des organismes internationaux qui travaillent ensemble à établir des normes à l'intention des industries du monde entier dans le but de cerner les produits chimiques qui sont toxiques. Parmi les essais de transformation cellulaire évalués, l'essai de transformation cellulaire sur cellules embryonnaires de hamster syrien (SHE-CTA) s'est révélé être l'essai le plus efficace pour cerner les produits chimiques potentiellement cancérigènes. Contrairement aux autres méthodes, l'essai SHE-CTA permet de détecter aussi bien les produits chimiques qui induisent le cancer en altérant l'ADN que ceux ne touchant pas l'ADN (qui sont plus difficiles à cerner). Certains pays membres de l'OCDE ont soulevé des préoccupations concernant la pertinence des mécanismes moléculaires de l'essai SHE-CTA pour l'humain. Cependant, les avantages de cet essai et son inclusion potentielle dans les méthodes d'analyse des produits chimiques proposées par l'Office of Chemical Safety and Pollution Prevention (OCSPP) de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis pourraient amener les entreprises à produire des données SHE-CTA, lesquelles seraient présentées à Santé Canada à des fins d'examen. Le plan de recherche initial comprenait la mise au point de l'essai SHE-CTA en laboratoire afin : 1) d'acquérir de l'expertise dans la réalisation de cet essai et l'analyse des produits chimiques prioritaires; 2) d'examiner les mécanismes de transformation cellulaire; 3) de déterminer les paramètres pouvant mener à l'amélioration de l'essai. La chronologie des modifications de l'ADN a été démontrée à partir des cellules normales jusqu'au moment où celles-ci deviennent potentiellement cancéreuses. À la lumière de ces constatations, des méthodes visant à améliorer l'essai peuvent être proposées et mises à l'essai. Collectivement, ces données *in vitro* aideront Santé Canada à mettre au point des stratégies d'analyse des produits chimiques, à améliorer les prédictions relativement aux produits chimiques qui peuvent accroître le risque de cancer et à fournir des solutions de rechange destinées à réduire la dépendance à l'égard des essais biologiques *in vivo* sur le cancer menés sur des rongeurs. (CP : Daniel Desaulniers)

Évaluation du rendement et de la prédictivité d'un essai optimisé de neurotoxicité développementale *in vitro* à l'aide de substances ayant des effets neurotoxiques avérés sur le développement et de témoins négatifs

Un grand nombre d'essais de neurotoxicité développementale *in vitro* ont été proposés. Cependant, il faudra évaluer adéquatement la fiabilité et la reproductibilité de ces essais avant de pouvoir les utiliser pour éclairer les évaluations des risques pour la santé associés aux substances chimiques effectuées par Santé Canada et par d'autres organismes de réglementation. Des cellules granulaires du cervelet (CGC) prélevées sur des rats nouveau-nés représentent un modèle expérimental *in vitro* répandu pour étudier le neurodéveloppement et la neurotoxicité. Les CGC sont faciles à cultiver et elles peuvent reproduire les processus de maturation et de différenciation des neurones qui sont observés *in vivo*. Les gènes associés au neurodéveloppement des CGC ont été identifiés, et ils sont utilisés pour vérifier la présence de substances chimiques potentiellement neurotoxiques pour le développement. Malheureusement, il s'est révélé difficile de reproduire ces observations à Santé Canada en raison de la qualité généralement insuffisante des explications concernant les protocoles de mesure de l'expression génique, du faible nombre de contrôles de la qualité et de la grande variabilité des CGC d'un lot à l'autre. Malgré ces difficultés, il a été possible d'optimiser un protocole d'essai de neurotoxicité développementale *in vitro* fiable qui est fondé sur des CGC et des réactifs de source commerciale et d'identifier un sous-ensemble de gènes régulés au cours du développement qui présentent des profils d'expression reproductibles d'un laboratoire à l'autre. Des résultats préliminaires prometteurs semblent indiquer qu'il est possible de différencier des substances ayant des effets neurotoxiques avérés sur le développement de témoins non neurotoxiques en examinant l'expression de ce sous-ensemble de gènes clés intervenant dans la maturation et la différenciation des neurones. Une description complète et transparente d'un essai de neurotoxicité développementale *in vitro* fiable faisant appel à des CGC et à des gènes biomarqueurs du neurodéveloppement bien caractérisés facilitera les études futures et les comparaisons entre les laboratoires. Une validation approfondie de cet essai fondé sur des CGC pourrait mener à son intégration dans une batterie non encore établie d'essais de neurotoxicité développementale *in vitro*, lesquels permettront d'identifier et de classer par priorité les substances chimiques susceptibles d'être neurotoxiques pour le développement. (CP : Guillaume Pelletier)

Associations entre les concentrations urinaires de triclosan et de bisphénol A et les concentrations sériques d'hormones sexuelles stéroïdiennes mesurées chez la population du Canada et des États-Unis (S et S du PGPC)

Santé Canada contribue à protéger la santé des Canadiens en évaluant et en gérant les risques rattachés à l'exposition aux substances chimiques. La population est couramment exposée au triclosan, un agent antimicrobien, et au bisphénol A (BPA), le composant de base des polycarbonates. Des données probantes laissent croire que ces produits chimiques peuvent perturber le système endocrinien, par exemple en entraînant des changements des concentrations et des fonctions des hormones de la reproduction. Les concentrations de triclosan et de BPA dans l'urine de la population canadienne ont été comparées à celles qui se trouvent dans l'urine de la population des États-Unis au moyen de données représentatives à l'échelle nationale tirées de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) de 2012–2015 et de la National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) de 2013–2016. Le lien entre le triclosan ou le BPA et les hormones de la reproduction, comme l'œstrogène et la testostérone, a également été examiné. L'étude a révélé que les niveaux de triclosan étaient plus élevés chez certains Canadiens, tandis que les niveaux de BPA étaient plus élevés chez certains Américains. Les niveaux élevés de triclosan ou de BPA détectés étaient associés à des changements aux niveaux d'œstrogène et de testostérone, surtout chez les enfants et les adolescents. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces constatations et pour évaluer leur importance potentielle en ce qui a trait à la santé publique. Lien : <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106229>. (CP : Annie St-Amand)

Flux de travaux automatisés pour la détermination de la portée et l'exploration des données sur les substances chimiques : faire progresser les approches en matière d'établissement des priorités et d'énoncé de problème

La modernisation des approches d'établissement des priorités et d'évaluation est fondamentale pour faire avancer la façon dont sont envisagés les sujets de préoccupation complexes et émergents, comme les perturbateurs endocriniens, les substitutions regrettables et les risques cumulatifs. Les substances émergentes existantes sont actuellement définies au moyen de l'approche pour la détermination des priorités en matière d'évaluation des risques (DPMER) publiée en 2014; l'énoncé du problème (EP) fournit un mécanisme par lequel les outils informatiques et les approches novatrices peuvent être utilisés pour définir des groupes de substances, décrire le paysage des données et trier les substances. L'EP permet de définir l'écart entre un problème et une solution, et d'établir un plan qui décrit les éléments nécessaires pour combler l'écart, lesquels peuvent inclure la collecte ou la production de données, ou encore l'évaluation ou la surveillance des risques, à titre d'exemples. Une fois que la DPMER a été réalisée, d'autres travaux de détermination de la portée fondés sur la similarité structurelle sont nécessaires pour identifier les substances chimiques qui pourraient également être préoccupantes, mais qui ne sont pas répertoriées en raison du manque de données sur un grand nombre de substances chimiques. Il y a aussi une volonté d'explorer rapidement les données pour éclairer les résultats liés à l'EP. Le présent projet étudie les flux de travaux automatisés pour éviter les tâches manuelles exigeant beaucoup de ressources et accélérer les premières étapes de l'EP. Un algorithme de calcul a été élaboré pour parcourir les inventaires de substances chimiques et identifier celles qui ont un groupe fonctionnel commun (p. ex. un cycle phénolique) ou qui appartiennent à une classe (p. ex. les bisphénols). Les substances dont la structure chimique n'est pas définie, comme les substances de composition inconnue ou variable, produits de réaction complexes ou matières biologiques (UVCB), peuvent faire l'objet d'une recherche au moyen de mots clés, par exemple « bisphénol ». Un autre programme informatique a été développé et comporte des renvois vers des bases de données en ligne sur les substances chimiques (p. ex. PubChem, CompTox et ChemIDplus), permettant de recueillir des renseignements tels que les propriétés physico-chimiques ainsi que les données sur la toxicité et l'exposition, le cas échéant. Les présents travaux ont pour objet d'élaborer et de mettre en œuvre des flux de travaux automatisés pour augmenter l'efficacité et améliorer la robustesse des activités préalables de détermination de la portée. Les travaux devraient permettre d'améliorer les données sur les groupes chimiques en fonction des progrès scientifiques et de recueillir des renseignements utiles pour la prise de décisions dans le contexte de l'EP et de l'évaluation. (CP : Sean Collins)

Caractérisation et essais toxicologiques de la nanocellulose et des nanoparticules d'oxyde de métal (PGPC)

Les nanomatériaux (NM) manufacturés sont largement utilisés dans les applications industrielles ainsi que dans les produits de consommation, ce qui suscite des préoccupations au sujet de l'exposition accrue et des risques connexes pour la santé humaine. Santé Canada est chargé d'évaluer les risques associés aux NM qui sont assujettis à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* [LCPE]. Dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) du Canada, Santé Canada a mis en œuvre des stratégies concernant les NM qui figurent sur la Liste intérieure des substances (LIS) et a déterminé un certain nombre de NM prioritaires pour lesquels des données sur la caractérisation des propriétés physico-chimiques et la toxicité sont requises aux fins de l'évaluation réglementaire des risques pour la santé humaine. Pour répondre à ces besoins en matière de données, Santé Canada a collaboré avec l'équipe de nanométrie du Centre de recherche en métrologie du Conseil national de recherches Canada (CNRC). Cette collaboration avait lieu dans le cadre d'un projet visant à caractériser les propriétés physico-chimiques (p. ex. taille, forme, distribution granulométrique, surface, charge superficielle et chimie de surface) de nanofformes représentatives des NM prioritaires, dont le dioxyde

de titane (TiO₂), l'oxyde de cuivre (CuO) et la nanocellulose. Ce projet a également permis d'étudier les effets toxicologiques potentiels du TiO₂ et des NM de l'oxyde de cuivre sur certaines cellules cultivées afin de déterminer leurs effets sur la viabilité des cellules, l'intégrité de la membrane et la capacité d'induire un stress cellulaire. Les données recueillies dans le cadre de ce projet serviront non seulement à orienter les décisions liées à la réglementation prises par Santé Canada au sujet des NM prioritaires qui figurent sur la LIS, mais également à mieux comprendre la relation entre le potentiel toxicologique des nanofformes représentatives et leurs propriétés physico-chimiques connues de façon à rendre possible une approche de lecture croisée pour l'évaluation des risques de ces NM prioritaires. (CP : Kathy Nguyen et Djordje Vladislavjevic)

Caractérisation de l'exposition résidentielle aux métaux et aux matières organiques du PGPC

Santé Canada évalue les risques d'exposition de la population générale aux substances chimiques par toutes les voies d'exposition possibles (inhalation, ingestion et contact cutané) et par toutes les sources d'exposition possibles (air ambiant, air intérieur, aliments, sol, poussière et produits de consommation). Puisque les Canadiens passent plus de 90 pour cent de leur temps à l'intérieur, il y a une demande accrue d'information sur l'exposition dans les milieux intérieurs. La présente recherche vise à analyser des échantillons de dépôts de poussière domestique prélevés à l'intérieur de 1 025 résidences dans 13 villes dans le cadre de l'Enquête sur la poussière domestique au Canada (EPDC), dont l'objectif était d'obtenir un niveau de référence représentatif à l'échelle nationale. L'étude porte principalement sur les métaux, mais aussi sur les composés organiques de synthèse, comme le bisphénol A, les pesticides, les produits ignifuges, les muscs synthétiques, les bactéricides, les surfactifs et les plastifiants. Les métaux pénètrent dans les résidences par l'entrée de poussière depuis l'extérieur et par l'infiltration de particules en suspension dans l'air qui se déposent sur les surfaces dures, les tapis et les moquettes, et dans les fissures. De plus, les métaux et les composés organiques de synthèse présents dans les produits de consommation et dans les matériaux de construction, comme les plastifiants et les siccatifs (p. ex. dans les revêtements de surface), s'accumulent aussi à l'intérieur de la maison à mesure que les produits se détériorent avec l'âge et l'usure. Les niveaux de contaminants représentatifs à l'échelle nationale seront exprimés sous forme de concentrations et de charges afin de tenir compte des diverses méthodes d'estimation des risques d'exposition. La corrélation entre les caractéristiques des résidences (âge, matériaux de construction et contexte environnemental) et les ensembles de données sur les substances chimiques permettront de cerner les sources d'exposition et les tendances connexes. L'étude est axée principalement sur l'exposition des enfants à la poussière domestique ingérée par contact main-bouche. L'étude porte également sur les risques d'exposition par inhalation aux poussières remises en suspension, en distinguant les maisons où les planchers sont recouverts de tapis et les maisons sans tapis. Les particules de poussière subissent une transformation physique et chimique dans l'environnement intérieur, ce qui peut accroître la bioaccessibilité (solubilité dans les poumons et le tube digestif). Par conséquent, la bioaccessibilité des métaux sera mesurée. La recherche appuie les activités d'évaluation et de gestion des risques de Santé Canada, et met surtout l'accent sur l'atténuation des risques d'exposition à des substances chimiques, en milieu résidentiel, chez les enfants. (CP : Pat Rasmussen et Suzanne Beauchemin)

Profil de cohorte : programme de surveillance des effets sur la santé à Ndilq, à Dettah et à Yellowknife (YKHEMP)

Le Programme de surveillance des effets sur la santé de Yellowknife (YKHEMP) a été établi pour examiner la relation entre l'exposition à l'arsenic et autres produits chimiques potentiellement préoccupants (comme l'antimoine, le cadmium, le plomb, le manganèse et le vanadium) et les effets sur la santé. Au total, 2 037 personnes ont été recrutées, y compris des enfants (âgés de 3 à 19 ans) et des

adultes (âgés de 20 ans et plus) résidant à Dettah, à Ndilq et à Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest, au Canada, en deux vagues : automne 2017 et printemps 2018. À Yellowknife, il y avait 891 (675 adultes, 216 enfants) participants sélectionnés au hasard avec un taux de participation de 64 %. De plus, nous avons également recruté 875 (669 adultes, 206 enfants) participants volontaires. Au total, 225 (137 adultes, 88 enfants) de la Première Nation des Dénés de Yellowknife (YDFN), et 46 (33 adultes, 13 enfants) de l'Alliance des Métis de North Slave ont participé à l'étude. Chaque participant a répondu à un questionnaire sur le mode de vie et a fourni des coupures d'ongles d'orteil et de l'urine pour l'analyse des contaminants, et des échantillons de salive pour l'analyse des polymorphismes génétiques associés au métabolisme de l'arsenic. Les participants ont également consenti à ce que leurs dossiers médicaux soient examinés par l'équipe de recherche au cours des 5 dernières années afin de permettre l'enquête entre l'exposition et les résultats sur la santé. Les participants adultes du YKHEMP affichaient une concentration totale d'arsenic urinaire plus basse, mais les enfants présentaient une concentration plus élevée d'arsenic inorganique que la population canadienne générale. Il n'y avait aucune différence dans les concentrations totales d'arsenic urinaire entre les adultes et les enfants; cependant, les concentrations d'arsenic inorganique urinaire étaient généralement plus élevées chez les enfants que chez les adultes dans l'ensemble des quatre groupes d'échantillonnage du YKHEMP. Les participants adultes de la YDFN présentaient des concentrations totales d'arsenic urinaire et d'arsenic inorganique plus faibles comparativement aux participants sélectionnés d'une façon aléatoire et aux participants volontaires. Le YKHEMP est désigné comme une étude de cohorte prospective; les participants enfants seront réexaminés en 2022, et les participants adultes et enfants, en 2027. Article publié dans *BMJ Open* en 2020. (CP : Asish Mohapatra; Dr. Laurie Chan, University of Ottawa).

[Mise sur pied d'une base de données maîtresse sur les taux de mercure et de méthylmercure dans les aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au mercure dans les communautés autochtones](#)

Santé Canada a le mandat, dans le cadre de grands projets assujettis à des évaluations d'impact et à des évaluations environnementales fédérales, de fournir des conseils concernant l'évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH) des contaminants présents dans les aliments traditionnels, dont le mercure (Hg). Le cadre actuel de Santé Canada à l'égard des ERSH suppose que tout le Hg qui se trouve dans les aliments traditionnels est présent sous forme de méthylmercure (MeHg), lequel est plus facilement absorbé. Cependant, de récentes données scientifiques laissent entendre que cette hypothèse et, par le fait même, l'évaluation des risques qui en découle seraient trop prudentes, ce qui pourrait entraîner des avis aux consommateurs inutiles et inciter les communautés autochtones à se tourner vers des aliments commerciaux moins nutritifs. Le projet consiste à créer une base de données maîtresse sur les niveaux de Hg et de MeHg dans les aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au Hg dans les communautés autochtones du Canada. L'objectif est de déterminer des rapports MeHg/Hg total (HgT) potentiellement plus réalistes. Au total, 85 des aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au Hg dans les communautés autochtones ont été déterminés en fonction de l'Enquête sur la santé des Inuits (2007-2008), de l'Étude sur l'alimentation, la nutrition et l'environnement chez les Premières Nations (2017-2019) et de consultations avec des spécialistes dans le domaine. L'équipe a effectué une revue critique de la littérature publiée et de la littérature grise pour répertorier les connaissances actuelles sur les concentrations d'espèces de Hg déclarées ou mesurées dans les principaux aliments traditionnels sélectionnés. Les moyennes et les écarts-types des concentrations de HgT et de MeHg ($\mu\text{g/g}$ de poids humide) et les rapports MeHg/HgT moyens (% de MeHg) (pour les aliments traditionnels pour lesquels il existe suffisamment de données) seront ajoutés à la base de données. Ces données serviront à déterminer les aliments qui contiennent beaucoup moins que 100 % de MeHg et à réaliser des ERSH plus réalistes. Les renseignements additionnels qui figureront dans la base de données (p. ex. lieu de l'échantillonnage, âge) serviront à déterminer les facteurs susceptibles d'avoir une incidence sur le % de MeHg et à créer une base de données qui reposera sur

des systèmes d'information géographique. Cette dernière permettra aux évaluateurs des risques d'établir des associations entre les endroits où la pollution en Hg est élevée et les concentrations de Hg observées dans les aliments traditionnels. (CP : Laurie Chan [Université d'Ottawa]; Santé Canada : Alexandra Iliescu et Gregory Kaminski, Division de l'évaluation environnementale et des sites contaminés, Bureau de la gestion des produits chimiques et de la santé environnementale, Direction de la sécurité des milieux)

Dérivation des équivalents de biosurveillance pour les substances organiques et les substances inorganiques aux fins de l'interprétation des données de biosurveillance à l'appui de l'évaluation des risques associés aux produits chimiques

La biosurveillance peut fournir des données importantes sur la présence de traces de substances chimiques dans le sang, l'urine ou le lait maternel humain. Toutefois, le fait de déterminer la présence d'une substance chimique ne suffit pas à établir le risque possible pour la santé humaine. Un équivalent de biosurveillance (EB) est la concentration d'une substance chimique dans un tissu ou un liquide humain qui correspond à une valeur guide d'exposition, telle qu'une dose de référence ou une dose journalière tolérable, considérée comme sécuritaire. L'EB est un élément essentiel de la caractérisation des dangers et des risques; les données qui en résultent sont utilisées pour éclairer l'évaluation des risques pour la santé de nombreuses substances chimiques. Dans le cadre de la troisième phase du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC), des groupes de produits chimiques inorganiques font l'objet d'une évaluation des risques. La présente recherche a pour objectif principal de dériver les EB pour certains métaux afin d'interpréter les données de biosurveillance utilisées à l'appui des évaluations des risques associés aux produits chimiques. Des EB pour d'autres produits chimiques ont également été générés pour les données de biosurveillance correspondantes dans le cadre du projet de biobanque de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). L'évaluation des risques pour les métaux les plus récents a commencé au cours de l'exercice 2018-2019. Un rapport final d'évaluation préalable, deux documents sur l'approche scientifique et plus d'une dizaine de publications scientifiques en libre accès ont été publiés depuis. Parmi les travaux publiés sur des métaux inorganiques, on compte des travaux sur les métaux suivants : molybdène, argent, titane, lithium, aluminium, bismuth, cyanure, zinc, béryllium, baryum, étain, antimoine, iode, néodyme, yttrium, cérium, praséodyme et thallium. Une base de données a été créée pour faciliter l'analyse des différentes valeurs de biosurveillance provenant de divers organismes de santé. (CP : Andy Nong)

Détermination des facteurs d'incertitude (FI) pour les évaluations des risques dont l'objectif est d'estimer les limites d'exposition aux mutagènes environnementaux

Les dommages génétiques sont associés à de nombreuses maladies humaines. Les programmes d'évaluation préalable des substances chimiques permettent d'évaluer régulièrement la toxicité génétique (génétoxicité). Les résultats des essais de génétoxicité sont habituellement évalués par compartimentage qualitatif (c.-à-d. « oui » ou « non »), ce qui permet seulement d'identifier les agents qui sont capables d'endommager le matériel génétique (c.-à-d. l'ADN). Toutefois, on s'intéresse de plus en plus à l'analyse quantitative des résultats des essais de génétoxicité et à l'estimation des limites d'exposition humaine qui permettent de réduire efficacement le risque d'effets indésirables sur la santé associés aux dommages génétiques (p. ex. cancer et maladies génétiques humaines). Pour effectuer l'estimation des limites d'exposition, il faut avoir recours à des facteurs d'incertitude (FI) qui tiennent compte des différences entre les humains et les animaux de laboratoire, des différences interindividuelles de la sensibilité chez les humains, des traitements de courte durée réalisés sur les animaux de laboratoire et de la gravité des dommages génétiques. Ce travail repose sur une analyse des données publiées pour évaluer les FI associés à la variabilité humaine interindividuelle et à la durée du traitement qui servent à calculer les limites d'exposition aux substances génotoxiques. Afin d'évaluer

avec un regard critique le FI de 10 utilisé à l'heure actuelle pour la sensibilité interindividuelle, l'équipe effectue des analyses de plus de 800 ensembles de données extraits de la littérature scientifique; l'objectif est d'évaluer les effets qui surviennent si on supprime la capacité d'une cellule cultivée à réparer l'ADN endommagé. Des analyses des données épidémiologiques humaines publiées cherchent à évaluer la variabilité de la capacité de l'humain à réparer l'ADN qui est endommagé (c.-à-d. la capacité humaine de réparation de l'ADN). Une autre analyse des données épidémiologiques vise à évaluer l'effet qu'ont les différences génétiques dans la capacité de réparer l'ADN sur le risque de développer un cancer. Enfin, une analyse des résultats publiés de l'expérimentation animale a pour but d'évaluer l'effet de la durée du traitement sur l'ampleur des effets génétiques indésirables causés par une exposition à long terme à des produits chimiques. Les résultats obtenus à ce jour donnent à penser que le FI par défaut de 10 pourrait s'avérer approprié pour calculer les limites d'exposition qui permettent de réduire efficacement le risque d'effets indésirables sur la santé associés aux dommages génétiques. (CP : Paul White)

Élaboration de méthodes de criblage *in vitro* des perturbateurs métaboliques dans les adipocytes

Selon les données issues des études chez l'animal et chez l'humain, l'exposition aux produits chimiques commerciaux serait associée à des effets nocifs, notamment le diabète, les maladies cardiovasculaires, les cancers endocriniens et l'obésité, qui nuisent à la santé des populations des pays développés. Les tissus adipeux et les adipocytes sont responsables du stockage des calories excessives, en plus d'influencer fortement le métabolisme de tout l'organisme en sécrétant dans le sang des hormones et d'autres facteurs qui modifient le fonctionnement des autres organes. On suppose que le déséquilibre des facteurs sécrétés par les tissus adipeux est l'une des manières dont ceux-ci interviennent dans les maladies cardiovasculaires, l'hypertension et le diabète. Les tissus adipeux constituent donc une cible probable des produits chimiques. Le cortisol, ou hormone du stress, est connu pour contribuer aux maladies cardiovasculaires et métaboliques. L'augmentation du taux de cortisol est associée à l'accumulation de tissus adipeux au niveau de l'abdomen et à un risque accru de maladie cardiovasculaire et de diabète de type 2. Il a été proposé que l'exposition chronique au cortisol altère la fonction métabolique des adipocytes. Comme indiqué précédemment dans les modèles cellulaires, les substances chimiques comme les bisphénols et les ignifugeants peuvent agir par la même voie que l'hormone du stress pour ce qui est de la formation d'adipocytes. Cependant, il n'a pas encore été établi si les adipocytes ainsi produits sont sains ou s'ils contribuent à des maladies en déséquilibrant les quantités d'hormones et de facteurs solubles. À ce jour, il existe peu de renseignements et aucune méthode de criblage validée ou à haut contenu en ce qui concerne la fonction des adipocytes exposés à des produits chimiques. Le présent projet vise à mettre au point une méthode de criblage qui permettra à la fois de cerner les substances favorisant la formation de cellules adipeuses et de déterminer si elles contribuent aux maladies métaboliques. (CP : Ella Atlas)

Élaboration et application de stratégies d'essai adaptées et fondées sur les voies toxicologiques impliquées dans les effets indésirables pour améliorer l'évaluation des dangers et des risques liés aux substances chimiques altérant le génome

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE) exige l'évaluation des effets sur la santé des substances chimiques offertes sur le marché canadien. Cependant, les analyses toxicologiques classiques sont longues, coûteuses et exigent un grand nombre d'animaux. Les responsables de la réglementation de Santé Canada ont un besoin urgent de nouveaux tests pour s'acquitter des mandats prévus par la loi. Les nouvelles méthodes proposées pour déceler les dangers toxicologiques sont fondées sur la mesure de la capacité d'une substance chimique à perturber des processus biologiques essentiels. La génomique est un outil puissant de détection des changements biologiques, car elle permet de recenser les effets dans l'ensemble des gènes des tissus et des cellules après une épreuve.

L'utilisation de cellules humaines dans les cultures offre des avantages considérables, notamment l'augmentation du débit, la diminution du recours aux animaux et la réduction des coûts. On a mis l'accent, à l'échelle internationale, sur la nécessité de moderniser les analyses toxicologiques réglementaires en ayant davantage recours à des cellules humaines (plutôt qu'à des cellules animales) dans les cultures et à des méthodes génomiques, mais des exemples pratiques d'utilisation dans les évaluations des risques pour la santé humaine sont nécessaires. Le présent projet a pour but unificateur de fournir des solutions génomiques pour appuyer la réglementation des sciences au Canada ainsi que pour répondre aux difficultés et aux besoins susmentionnés. L'objectif général du projet consiste à élaborer et à mettre en œuvre des méthodes génomiques pratiques pour la mise en culture de cellules humaines aux fins de la détermination des dangers et de l'évaluation des risques liés aux substances chimiques présentes dans l'environnement dans le domaine de la toxicologie génétique (dommages à l'ADN). Le projet met à profit la base de connaissances des voies toxicologiques impliquées dans les effets indésirables (AOP, ou *Adverse Outcome Pathways*) pour atteindre ses objectifs; l'AOP répertorie les perturbations cellulaires liées à des effets néfastes sur la santé après des expositions à des substances chimiques. Le projet permettra d'établir des AOP fondées sur des avis d'experts et d'élaborer des stratégies d'essai utilisant des méthodes génomiques conformes à l'état des connaissances scientifiques actuelles pour prédire des maladies génétiques comme le cancer. Les méthodes, les données et les outils d'analyse seront accessibles au public pour favoriser l'utilisation répandue des technologies et des approches. Les études de cas faisant appel à des stratégies d'essai modernes seront mises en application pour évaluer l'efficacité des approches proposées, déterminer la faisabilité de l'adoption à des fins réglementaires et fournir des données qui pourront servir à l'évaluation des risques pour la santé humaine. (CP : Carole Yauk; Francesco Marchetti)

Élaboration et application d'approches novatrices de séquençage de nouvelle génération pour les essais de mutagenicité au 21^e siècle

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE) exige que les substances chimiques offertes sur le marché fassent l'objet d'essais visant à évaluer leur capacité à induire des mutations (modification de la séquence d'ADN). Des mutations peuvent survenir lors de chaque division cellulaire en raison d'erreurs fortuites ou de l'exposition à un agent toxique. Lorsque des mutations se produisent dans les tissus, elles peuvent provoquer un cancer. Les mutations qui surviennent dans les spermatozoïdes ou les ovules peuvent être transmises aux descendants et entraîner diverses maladies génétiques. Les essais de mutagenicité existants présentent des limites. Plus particulièrement, ils mesurent les mutations dans un seul gène (le génome humain comporte quelque 20 000 gènes) ou utilisent des rongeurs de laboratoire génétiquement modifiés afin de mesurer les mutations géniques sur des bactéries. De plus, ces méthodes ne conviennent pas à l'étude des mutations transmises aux descendants, car elles exigeraient un grand nombre d'animaux. Récemment, des améliorations importantes aux technologies de séquençage de l'ADN ont permis l'identification de mutations touchant l'ensemble du génome. Nous utilisons ces méthodes pour analyser les génomes de familles humaines et détecter les expositions environnementales qui augmentent le nombre de mutations transmises aux générations suivantes. Nous évaluons également une nouvelle méthode de séquençage qui remplacerait les méthodes existantes utilisées pour les essais de mutation. Cette nouvelle méthode permet d'analyser en parallèle les mutations touchant de nombreux gènes sans recourir à des rongeurs génétiquement modifiés et fournit des renseignements sur le mécanisme d'induction de la mutation. Enfin, nous avons recours à des méthodes computationnelles pour analyser les mutations induites par des substances chimiques. Nous avons démontré que chaque substance chimique est associée à des profils particuliers. Certains de ces profils sont observés dans des cas de cancers dont les causes environnementales sont connues (p. ex. cancer du poumon et tabagisme). Cette approche constitue une

nouvelle façon de découvrir de nouvelles causes environnementales du cancer. De façon générale, le projet générera des données fondamentales qui permettront de moderniser et d'améliorer les essais réglementaires de mutagénicité. Ce projet est lié à la priorité de Santé Canada d'évaluer de manière efficace et efficiente les effets potentiels néfastes des substances chimiques sur la santé et devrait fournir des connaissances réglementaires qui aideront à prévenir le cancer et d'autres maladies génétiques. (CP : Francesco Marchetti)

Élaboration et validation de méthodes rapides aux fins de l'évaluation de la toxicité endocrinienne

On craint de plus en plus que l'exposition aux produits chimiques commerciaux cause des effets nocifs en perturbant le contrôle hormonal de la croissance et du développement du cerveau et de l'appareil reproducteur et qu'elle entraîne des troubles du métabolisme ou liés au stress. Il est essentiel, pour l'évaluation de la sécurité, de mettre au point des méthodes qui permettent de cerner rapidement les produits chimiques pouvant causer des effets nocifs. Le présent projet, qui s'appuie sur l'expérience acquise dans les études antérieures, vise : 1) à mettre au point des méthodes qui permettent de détecter rapidement les effets toxiques des produits chimiques sur la signalisation des hormones thyroïdiennes (très importante durant les premiers stades du développement du cerveau); 2) à cerner, à caractériser et à mettre au point des essais visant les enzymes dont l'inhibition par certains produits ignifuges organophosphorés se traduit par des effets toxiques au niveau des ovaires et des glandes surrénales. Des essais distincts, fondés sur les cibles moléculaires des perturbateurs des hormones thyroïdiennes, seront améliorés et validés à l'aide d'une liste exhaustive des substances dont on sait ou soupçonne qu'elles perturbent la signalisation des hormones thyroïdiennes. Des essais à haut débit fondés sur ces molécules seront intégrés dans des protocoles pouvant être utilisés par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) pour élaborer des lignes directrices sur les essais de toxicité. Santé Canada collabore avec l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis afin d'élaborer et de valider un essai à haut débit qui servira à analyser des substances chimiques pour vérifier si elles ont la capacité d'inhiber la peroxydase thyroïdienne. Par ailleurs, des méthodes novatrices permettant de déterminer les protéines qui réagissent avec des molécules ignifuges seront employées. Les résultats préliminaires indiquent qu'il s'agit d'enzymes intervenant dans le métabolisme du cholestérol. Des essais visant ces enzymes sont en train d'être mis au point : ils serviront à comparer l'activité de tous les produits ignifuges à base de phosphate qui sont utilisés au Canada. Ces études contribueront à éclairer les activités d'évaluation des risques, ainsi que l'évaluation et la réduction des risques liés à l'utilisation de substances chimiques. (CP : Mike Wade)

Mise au point d'une approche de détection permettant d'évaluer l'activité perturbatrice du système endocrinien de substances chimiques à l'aide de méthodes fondées sur la relation (quantitative) structure-activité (R[Q]SA) et de données *in vitro* à haut débit

Dans le rapport de suivi sur l'examen de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* [LCPE], le gouvernement du Canada s'est engagé à continuellement améliorer sa capacité de lutte contre les perturbateurs endocriniens et à suivre les développements technologiques, notamment les nouvelles approches méthodologiques (NAM). La présente étude, qui s'inscrit dans cet engagement, met en route l'élaboration d'une stratégie à plusieurs niveaux qui vise à incorporer des modèles prédictifs et une stratégie d'analyse séquentielle prenant en compte les NAM. Dans le cadre de cette analyse pilote, nous évaluerons un groupe de bisphénols et de substances apparentées afin de déterminer la pertinence et la fiabilité d'une série de modèles destinés à prédire le potentiel de perturbation endocrinienne de ces substances. Il est établi que les perturbateurs endocriniens exercent leur action en interagissant avec les récepteurs, ce qui altère la signalisation hormonale et entraîne des effets sur la santé. L'étude vise donc à évaluer, en utilisant à la fois des modèles *in silico* et des données

in vitro à haut débit du programme ToxCast^{MC} de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, le potentiel de liaison de substances chimiques à une série de récepteurs dans le but de déterminer l'effet de notre groupe de substances chimiques sur le système endocrinien. Parmi les modèles à l'étude, notons Oasis TIMES, VEGA, CASE Ultra Tox, le système expert rtER de l'EPA, DART de P&G, ChemProp et l'outil Endocrine Disruptome. L'incorporation du prochain niveau d'information commencera par l'intégration des données issues de divers essais liés au système endocrinien menés dans le cadre des programmes ToxCast^{MC} et Tox21^{MC}. Les résultats de l'analyse et de l'intégration des sources de données *in silico* et *in vitro* faciliteront la mise au point rapide d'une approche à plusieurs niveaux ayant été proposée pour détecter les substances chimiques qui peuvent être des perturbateurs endocriniens. (CP : Sunil Kulkarni)

Élaboration d'un outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité (OAIEG)

Les altérations génétiques sont associées à diverses maladies humaines; le dépistage toxicologique courant des substances chimiques offertes sur le marché exige l'identification des substances capables d'altérer le matériel génétique (c.-à-d. l'évaluation de la génotoxicité). Un projet connexe financé par le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) vise à mettre au point une plateforme efficace, efficace et à haut débit fondée sur l'analyse des cellules mises en culture pour l'évaluation de la génotoxicité; la plateforme se nomme GeneTox21. Le dépistage des composés à l'aide de la plateforme GeneTox21 génère de grandes quantités de données complexes; l'utilité de ces données pour les évaluations réglementaires dépend de la capacité de l'utilisateur (p. ex. les clients et les intervenants) d'organiser, de consulter, d'analyser, d'afficher et d'interpréter les renseignements de façon intuitive et conviviale. Dans le cadre d'un projet de recherche récent, un outil bioinformatique convivial et novateur appelé DREAM-TK a été créé; l'outil permet aux utilisateurs de consulter, d'analyser et d'interpréter les résultats d'essais toxicologiques complexes. DREAM-TK représente un fondement pour la mise au point d'un outil connexe qui permettra d'interpréter de façon efficiente les résultats d'essais générés au moyen de la plateforme GeneTox21; il s'agit d'un outil destiné à faciliter l'interprétation essentielle des données d'évaluation de la génotoxicité dans un contexte réglementaire. Les présents travaux reposent sur le paradigme de l'outil DREAM-TK et visent à élaborer une plateforme bioinformatique qui permettra de consulter, d'afficher, d'analyser et d'interpréter les résultats obtenus avec GeneTox21. L'outil qui est en cours d'élaboration est appelé *outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité* (OAIEG). Les travaux réalisés à ce jour ont permis de concevoir une version d'essai bêta de l'OAIEG; les interactions avec les membres du groupe responsable de la réglementation ont mis en évidence des pistes pour l'amélioration des fonctionnalités. Les outils bioinformatiques comme l'OAIEG sont essentiels pour la réalisation d'évaluations efficaces et efficientes de l'innocuité des substances chimiques s'appuyant sur l'interprétation simultanée des résultats produits par plusieurs outils d'évaluation de la (géo)toxicité. (CP : Paul White)

Élaboration de méthodes de criblage non ciblées visant à identifier, par spectrométrie de masse à haute résolution, de nouveaux métabolites et de nouvelles substances chimiques dans les liquides organiques humains en tant que biomarqueurs d'exposition

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement. Au cours de la dernière décennie, la sensibilité des méthodes de biosurveillance a été considérablement augmentée en ce qui a trait à l'évaluation de l'exposition humaine à certaines substances chimiques ciblées. Toutefois, on observe toujours un écart entre les cibles préétablies et notre capacité de quantifier et de qualifier les substances inconnues et les nouvelles substances préoccupantes (aussi appelées « nouvelles substances ») dans les liquides biologiques humains (p. ex. l'urine, le liquide folliculaire et le sang). Pour cette raison, les approches non ciblées ont suscité beaucoup d'attention en ce qui concerne l'évaluation

des risques associés à l'exposition humaine à des contaminants chimiques inconnus ou nouveaux. Le plan de projet quadriennal proposé, en tant qu'étude de validation de principe, utilise la spectrométrie de masse à haute résolution et haute précision pour élaborer de nouvelles méthodes non ciblées de détection et d'analyse rapide de nouveaux métabolites de ces substances et d'autres composés d'origine dans les liquides biologiques humains. Les substances ainsi décelées seront identifiées comme d'éventuels biomarqueurs qui pourraient servir à évaluer l'exposition humaine à des substances, dont les produits chimiques d'intérêt prioritaire du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) et d'autres nouveaux produits chimiques. Les contaminants soupçonnés, inconnus et nouveaux seront analysés et identifiés à l'aide de mesures précises de masse avec un spectromètre de masse à haute résolution, ainsi que selon des patrons de fragmentation, des modèles de prédiction du temps de rétention et la similarité structurale avec d'autres groupes de substances connues. Ces nouvelles méthodes permettront d'obtenir des renseignements essentiels sur les métabolites et les composés d'origine au moment d'identifier de nouveaux contaminants en vue des évaluations futures dans le cadre du PGPC; des modèles seront mis au point pour fournir des données semi-quantitatives sur des substances chimiques inconnues identifiées sans utiliser d'étalons de référence; ces méthodes apporteront également des connaissances utiles sur les métabolites dérivés de nouveaux produits chimiques présents dans les liquides biologiques humains. Elles pourraient être employées pour analyser des échantillons prélevés dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé et de l'Enquête sur la santé en Ontario, et elles profiteront à l'ensemble du milieu scientifique. Au cours de la mise au point et de la validation des méthodes, on tiendra compte des métabolites de certains produits chimiques prioritaires du PGPC, notamment des produits ignifuges, des analogues du bisphénol A (BPA), des plastifiants, des filtres et des stabilisants UV, de leurs substituts et des acides mercapturiques dans différents échantillons environnementaux et liquides biologiques humains (p. ex. l'urine, le sérum, le plasma et le liquide folliculaire). (CP : Yong-Lai Feng)

Comparaison directe de la toxicité subaiguë des bisphénols A, F et S à l'aide d'un protocole d'exposition normalisé de l'OCDE

Les bisphénols sont des substances chimiques produites en grandes quantités. Ils sont utilisés principalement dans la production de polycarbonates et de résines époxy. Le bisphénol F (BPF) et le bisphénol S (BPS) sont des produits de remplacement du bisphénol A (BPA) qui seront mesurés en priorité dans les cycles 7 et 8 de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). Le BPF et le BPS présentent tous les deux des similitudes structurales avec le BPA, et leurs concentrations dans les échantillons prélevés dans l'environnement et chez l'humain augmentent. Les renseignements dont on dispose sur la toxicité du BPF et du BPS sont beaucoup plus limités que ceux sur le BPA, de sorte qu'il est difficile d'évaluer adéquatement les conséquences possibles sur la santé du remplacement du BPA par le BPF et le BPS. Dans la présente étude, la toxicité du BPA, du BPF et du BPS a été comparée directement lors de l'administration de ces substances chez le rat à un large éventail de doses conformément à un protocole de toxicologie réglementaire fondé sur la ligne directrice n° 407 de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (Toxicité orale à doses répétées - pendant 28 jours sur les rongeurs). Compte tenu des effets relativement limités du BPA sur les paramètres prescrits dans la ligne directrice n° 407 de l'OCDE, les perturbations endocriniennes ont fait l'objet d'un examen approfondi. Selon les renseignements publiés au sujet de la toxicité *in vivo* et *in vitro* du BPA, du BPF et du BPS, les concentrations sériques d'hormones additionnelles ont été mesurées, et l'expression de gènes précis codant leur biosynthèse et leur dégradation sera évaluée dans le foie. En comparant directement la toxicité *in vivo* du BPA, du BPF et du BPS, le projet permettra de mieux évaluer les risques possibles pour la santé humaine liés au remplacement du BPA par le BPF et le BPS. Le projet contribuera aussi à améliorer l'interprétation des données de biosurveillance de l'ECMS. (CP : Guillaume Pelletier)

Effets de la préparation des aliments traditionnels sur les concentrations et la bioaccessibilité du mercure ou de métaux connexes

Le terme « aliments traditionnels » désigne les aliments qui ne proviennent pas des systèmes alimentaires commerciaux. Ils comprennent les aliments obtenus par piégeage, par la pêche, par la chasse ou qui ont été récoltés ou cultivés à des fins médicinales ou de subsistance. Le mercure (Hg) présent dans les aliments traditionnels, lesquels sont consommés plus fréquemment par les membres des communautés autochtones, peut poser des risques pour la santé des Canadiens dans les communautés qui dépendent de la pêche et de la chasse pour compléter leur alimentation. La démarche de Santé Canada pour estimer l'exposition humaine au Hg attribuable à la consommation d'aliments traditionnels suppose : 1) que tout le Hg présent dans ces aliments se trouve sous forme de méthylmercure (MeHg), la forme neurotoxique; 2) que les concentrations de Hg demeurent constantes tout au long du processus de préparation des aliments; 3) que tout le MeHg présent dans les aliments traditionnels est absorbé par l'humain et 4) que les interactions de Hg avec le sélénium (Se) et l'arsenic (As) n'ont pas d'effet sur l'exposition humaine. Cependant, il se peut que ces hypothèses et les évaluations des risques pour la santé humaine qui en découlent soient trop prudentes, ce qui pourrait entraîner des avis aux consommateurs inutiles et inciter les communautés autochtones à se tourner vers des aliments commerciaux moins nutritifs. Pour vérifier ces hypothèses, l'équipe de recherche mesurera les concentrations de Hg, de MeHg, d'As et de Se dans des échantillons frais, congelés et cuits de foie, de muscles et de reins de phoques gris et de muscles de corégone. Les échantillons d'aliments traditionnels seront préparés conformément aux méthodes traditionnelles et selon d'autres méthodes qui utiliseront des températures de cuisson différentes. Les changements dans la spéciation des métaux seront consignés, dont les changements relatifs au pourcentage de MeHg (c.-à-d. le pourcentage de Hg total qui se présente sous forme de MeHg). Pour évaluer si tout le Hg présent dans les aliments traditionnels consommés est absorbé par les humains, l'équipe de recherche réalisera des expériences de simulation de digestion humaine sur des aliments traditionnels « préparés » pour les comparer à des aliments traditionnels « non préparés ». Pour ce faire, l'équipe réalisera un essai d'extraction physiologique *in vitro* modifié afin d'estimer dans quelle mesure la bioaccessibilité du Hg, du MeHg, de l'As et du Se est modifiée à la suite des phases gastrique et gastro-intestinale de la digestion. Les résultats de l'étude pourraient contribuer à améliorer les conseils de Santé Canada sur l'évaluation des risques pour la santé humaine de l'exposition au Hg attribuable à la consommation d'aliments traditionnels, et à mieux orienter les mesures de gestion des risques possibles. (CP : Marc Amyot [Université de Montréal]; Santé Canada : Alexandra Iliescu et Gregory Kaminski)

Perturbateurs du système endocrinien : vers des solutions de remplacement responsables (subvention d'équipe des IRSC, Université McGill)

Les répercussions potentielles sur la santé liées à l'utilisation répandue de substances chimiques soupçonnées de provoquer une perturbation du système endocrinien préoccupent de plus en plus les scientifiques et la population. Santé Canada a pour mandat de réglementer les substances chimiques auxquelles la population canadienne est exposée. Les mesures réglementaires et les pressions exercées par les consommateurs ont entraîné une diminution de l'utilisation d'un certain nombre de perturbateurs endocriniens soupçonnés, dont les pentabromodiphényléthers (PBDE; ignifugeants), le bisphénol A (BPA) et le phtalate de diéthylhexyle (DEHP). En réponse à cette diminution, un grand nombre de substances chimiques ont été introduites sur le marché en guise de substituts; or, certaines de ces substances de remplacement peuvent présenter des risques semblables à ceux des substances qu'elles remplacent en raison de ressemblances structurelles ou fonctionnelles. L'étude vise à évaluer, au moyen d'essais *in vitro*, les substances chimiques utilisées pour remplacer les PBDE, le BPA et le DEHP, et ainsi à déterminer leurs effets sur la production d'hormones thyroïdiennes ou stéroïdiennes.

Les efforts ont été axés sur l'analyse d'un grand nombre de composés structurellement semblables qui pourraient remplacer le bisphénol pour déterminer leurs effets sur la stéroïdogénèse (20) et l'inhibition de la peroxydase thyroïdienne (38). Les résultats permettront d'établir les risques potentiels associés à ces substances de remplacement et aideront à trouver des solutions de rechange moins toxiques. (CP : Barbara Hales [Université McGill]; Tara Barton McLaren [Bureau d'évaluation des risques pour les substances existantes (BERSE)]; et collaborateurs : Mike Wade, Ella Atlas et Cariton Kubwabo)

[Perturbateurs du système endocrinien : vers des solutions de remplacement responsables – détermination de la teneur en esters organophosphorés \(OPE\) et en métabolites connexes dans des échantillons de lait maternel, d'aliments et d'eau](#)

Santé Canada a pour mandat de réglementer les substances chimiques auxquelles la population canadienne est exposée. Plusieurs substances chimiques qui ont été interdites sur le marché canadien en raison de leur toxicité ont été remplacées par d'autres substances chimiques pour lesquelles les connaissances sont limitées. Santé Canada collabore à un projet de subvention d'équipe des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) visant à étudier l'exposition aux substances utilisées comme solutions de remplacement aux produits ignifuges à base de polybromodiphényléthers (PBDE) et les dangers connexes. Les PBDE, initialement utilisés dans les accessoires de maison, ont été retirés du marché canadien en 2008 en raison de leur persistance dans l'environnement et de leur tendance à s'accumuler dans les tissus humains et animaux. Les fabricants utilisent de plus en plus les esters organophosphorés (OPE) comme solution de remplacement aux PBDE pour s'assurer que leurs produits continuent de respecter les normes d'inflammabilité dans les divers accessoires de maison, tissus, vêtements, appareils électroniques et véhicules automobiles. Le Laboratoire de biosurveillance de Santé Canada a élaboré et validé des méthodes d'analyse des OPE et de leurs métabolites dans les aliments, l'eau et le lait maternel. La présente étude a examiné l'exposition par le régime alimentaire aux produits ignifuges et aux plastifiants contenant des OPE ainsi qu'à d'autres substances chimiques à trois endroits : 1) à Montréal, au Canada (milieu urbain, développé); 2) à Pretoria, en Afrique du Sud (milieu urbain, moins développé); 3) dans la région de Vhembe dans la province du Limpopo, en Afrique du Sud (milieu rural, faiblement développé). Les données appuieront l'analyse épidémiologique et serviront à l'évaluation de l'exposition par le régime alimentaire à ces substances chimiques. L'ensemble de données qui résultera du projet représente la première évaluation portant sur le lait maternel qui permet de comparer les concentrations de ces substances observées au Canada avec celles dans les pays moins développés et qui utilise des méthodes identiques de collecte et d'analyse d'échantillons. (CP : Cariton Kubwabo; en collaboration avec l'Université McGill)

[Estimation du nombre de cas d'infertilité masculine attribuables à l'exposition prénatale aux dioxines et aux furanes au Canada](#)

La Division de la mesure du rendement du Bureau de la gestion du risque effectue des évaluations de la mesure du rendement en ce qui concerne la gestion des risques associés aux substances toxiques afin de déterminer si les mesures prises pour protéger les Canadiens et leur environnement sont utiles et efficaces. Cette étude vise à soutenir la mesure du rendement et l'évaluation des dioxines et des furanes. Les dioxines et les furanes sont deux groupes de polluants organiques persistants qui ont été déclarés toxiques pour la santé humaine en 1990 en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988. Le gouvernement du Canada a mis en œuvre plusieurs mesures de gestion des risques depuis le début des années 1990 afin de réduire l'exposition à ces produits chimiques. L'un des critères d'effet sur la santé les plus sensibles est la réduction de la fécondité chez les garçons nés de mères exposées à des niveaux élevés de dioxines et de furanes. Les objectifs de cette étude sont de contribuer à évaluer le rendement des mesures de gestion des risques par l'estimation du nombre de cas d'infertilité masculine au Canada qui pourraient être attribuables à l'exposition aux dioxines et aux

furanés au fil du temps. Les concentrations estimées de dioxines et de furanes seront obtenues par l'entremise de plusieurs enquêtes sur le lait humain au Canada menées au fil des ans. Le nombre de cas d'infertilité masculine attribués à l'exposition aux dioxines et aux furanes sera estimé, puis comparé aux estimations dans un scénario où l'exposition à ces produits chimiques n'a pas diminué au fil du temps. Cette façon de faire donnera une idée du nombre de cas d'infertilité masculine qui pourraient avoir été évités grâce aux mesures de gestion des risques. (CP : Michael Elten)

[Évaluation de l'utilisation de la décontamination cutanée pour réduire l'exposition des pompiers aux hydrocarbures aromatiques polycycliques \(HAP\) issus de la combustion \(Service des incendies d'Ottawa, Directeur – Service des incendies \[Forces canadiennes\], Association des pompiers professionnels d'Ottawa, Association des pompiers de Montréal, Association internationale des pompiers et Institut de protection contre les incendies du Québec\)](#)

Les pompiers sont exposés à des risques considérables dans le cadre de leur travail, dont la chaleur, le stress physique et le stress mental, ainsi qu'à des agents toxiques sur les sites d'incendie. Au cours des dernières années, des statistiques ont révélé que ces expositions avaient des effets néfastes sur les pompiers. Par exemple, le risque de cancer est plus élevé chez les pompiers que dans l'ensemble de la population. Des études antérieures ont montré que la peau était une voie d'exposition importante. Les lingettes nettoyantes pour la peau sont le moyen de décontamination cutanée le plus pratique et le plus recommandé chez les pompiers, mais peu de recherches ont été menées pour évaluer son efficacité ou pour déterminer si certains types de lingettes ou d'autres méthodes de nettoyage de la peau (p. ex. eau et savon) éliminaient davantage de contaminants déposés sur la peau. Le présent projet vise expressément à recueillir les données nécessaires pour prendre des décisions éclairées et fondées sur des éléments probants, lesquelles assureront aux pompiers une protection optimale contre l'exposition par voie cutanée aux émissions issues de la combustion. Une étude interventionnelle sera menée sur les lieux des incendies d'entraînement à Ottawa pour évaluer l'efficacité des protocoles de nettoyage de la peau. L'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sera mesurée et comparée chez des sujets qui appliquent les protocoles de décontamination actuels (c.-à-d. groupe témoin) et chez d'autres qui suivent une étape de décontamination cutanée additionnelle à l'aide de lingettes nettoyantes ou d'une débarbouillette avec du savon et de l'eau (c.-à-d. groupes d'intervention). Ces activités de recherche seront menées sur les lieux des incendies d'entraînement, où l'exposition sera relativement uniforme pour tous les sujets. La recherche aidera à mieux comprendre l'efficacité des procédures de nettoyage de la peau et à déterminer si certains protocoles sont meilleurs que d'autres pour éliminer les contaminants dangereux qui se sont déposés sur la peau. Les résultats pourront servir à établir de nouveaux protocoles ou à modifier des pratiques existantes, de manière à réduire l'absorption cutanée de contaminants chez les pompiers. (CP : Paul White; Jules Blais [Université d'Ottawa])

[Évaluation des méthodes *in vitro* destinées à éclaircir les différences sur le plan de la toxicité entre les variantes de nanoparticules de silice nouvellement synthétisées dans le but de faciliter la lecture croisée dans l'évaluation des risques liés aux nanoparticules](#)

La respiration cellulaire est un aspect essentiel de la santé des cellules et, de ce fait, le bon fonctionnement des mitochondries, la centrale énergétique de la cellule, est important pour l'évaluation de la toxicité des nanoparticules de silice (NPSi). En général, les essais de viabilité cellulaire *in vitro* comprennent une évaluation du rendement des mitochondries. Des observations précédentes indiquent une localisation subcellulaire de NPSi dans les mitochondries lors d'analyses par microscopie électronique à transmission (TEM); d'autres chercheurs ont pour leur part signalé l'existence d'un stress oxydatif mitochondrial à la suite d'une exposition à des nanoparticules. Les changements des protéines mitochondriales ont été mesurés après l'exposition à des NPSi non poreuses précédée par une analyse

par spectrométrie de masse. L'association entre les propriétés physico-chimiques des NPSi et les changements des protéines mitochondriales a été évaluée. La pertinence de cette méthode d'analyse des nanoparticules pour évaluer la toxicité mitochondriale est mise à l'essai dans le cadre de ces travaux. Ces constatations pourraient appuyer l'élaboration de lignes directrices sur les essais de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), constituer un critère mécaniste permettant de classer les NPSi figurant sur la Liste intérieure des substances (LIS) et de déterminer leur priorité en vue d'essais toxicologiques supplémentaires, et faciliter les activités d'évaluation des risques associés à ces matériaux par le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN). (CP : Premkumari Kumarathanan)

Évaluation de la pertinence et du rendement de certains modèles ADME à l'égard de substances existantes en vue d'une utilisation élargie dans l'évaluation des risques liés aux produits chimiques

Il est important de connaître les caractéristiques ADME (absorption, distribution, métabolisme, excrétion) d'un produit chimique pour en comprendre la (toxico)cinétique et le mode d'action et ainsi en prédire la toxicité. Ces paramètres donnent un aperçu utile du comportement du produit chimique dans l'organisme après l'exposition. Malheureusement, il n'existe pas de données toxicocinétiques *in vitro* ou *in vivo* sur un grand nombre des produits chimiques qui doivent être évalués. Étant donné que la prédiction et la simulation de diverses propriétés ADME exigent beaucoup moins de ressources que la production de données *in vitro* ou *in vivo*, on met de plus en plus l'accent sur la mise au point de méthodes comme celles fondées sur la relation quantitative structure-activité (RQSA) et sur la modélisation moléculaire pour compléter ou remplacer les données empiriques dans les cas où un niveau de confiance suffisant peut être établi. Pour assurer l'applicabilité des outils de prédiction ADME aux produits chimiques de l'environnement au Canada, il faut soumettre ces modèles *in silico* à une validation interne ciblée qui favorisera l'établissement de priorités et l'évaluation des produits chimiques les plus importants du point de vue de la santé humaine dans le cadre du Programme de gestion des produits chimiques actuel et à venir. Dans le présent projet, nous recueillerons les données expérimentales ADME publiées sur les produits chimiques. Nous évaluerons le rendement de certains modèles de prédiction *in silico* ADME à l'aide d'une analyse statistique des prédictions obtenues à l'égard des produits chimiques connus. Nous réaliserons aussi une analyse de la typologie chimique (analyse de grappes) pour déterminer combien de ces produits chimiques (pour lesquels il existe des données ADME) sont similaires (ou identiques) sur le plan de la structure à des produits chimiques inscrits sur la Liste intérieure des substances (LIS) du Canada. Le présent projet offrira une approche permettant d'évaluer le niveau de confiance des prédictions ADME tant du point de vue de la fiabilité des modèles que de celui de la pertinence des modèles pour l'espace chimique de la LIS. (CP : Sunil Kulkarni)

Élargissement de l'espace chimique obtenu par analyse toxicocinétique à haut débit dans le but d'accroître son applicabilité aux substances existantes

Il y a de plus en plus d'intérêt pour l'utilisation de nouvelles approches méthodologiques (NAM) dans les évaluations des risques, notamment pour la mesure des concentrations bioactives (μM) dans les essais toxicologiques *in vitro*. Pour convertir les concentrations bioactives en doses pertinentes pour l'humain ($\text{mg}/\text{kg}/\text{p.c.}$) dans les évaluations des risques, il faut recourir à des méthodes d'extrapolation *in vitro-in vivo*. Santé Canada se penche actuellement sur un modèle toxicocinétique à haut débit (HTTK) d'extrapolation *in vitro-in vivo* qui a été mis au point par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. Le modèle a été couplé aux données ToxCast^{MC} afin d'améliorer l'évaluation préalable des substances chimiques par la détermination des ratios bioactivité-exposition. Cependant, l'espace chimique obtenu par analyse HTTK englobe principalement des pesticides et des produits

pharmaceutiques : les données sont limitées en ce qui concerne les composés industriels et environnementaux. De plus, peu de comparaisons ont été établies entre les prédictions issues du modèle *in vitro* et les analyses toxicocinétiques *in vivo*. La présente étude vise à recenser et à compiler les données toxicocinétiques existantes pour comprendre l'espace chimique obtenu à l'aide des modèles d'analyse HHTK et la façon dont cet espace se compare à l'espace chimique d'intérêt (c.-à-d. la Liste intérieure des substances [LIS] du Canada). On pourra ainsi établir le domaine d'applicabilité des modèles d'analyse HHTK actuels et identifier les composés environnementaux auxquels les modèles peuvent être appliqués correctement. Le projet a également pour objectif d'élaborer et de fournir des recommandations pour prendre en compte l'incertitude liée à l'application des méthodes d'analyse HHTK aux substances chimiques se situant à l'extérieur du domaine d'applicabilité défini. Les constatations orienteront les recherches ultérieures visant à élargir l'espace chimique obtenu par analyse HHTK en ciblant les caractéristiques ou les propriétés chimiques, actuellement prises en compte de façon inadéquate par les modèles d'analyse HHTK, pour les analyses toxicocinétiques futures. (CP : Marc Beal; Sunil Kulkarni)

Charge d'exposition : utilisation des données de biosurveillance pour quantifier la charge d'exposition à de multiples substances chimiques dans une population (S et S du PGPC)

L'évaluation des effets de l'exposition à de multiples substances chimiques de sources différentes représente depuis longtemps un défi pour les scientifiques et les organismes de réglementation. La méthode de la « charge d'exposition » utilise les données de biosurveillance humaine pour quantifier l'exposition à de multiples substances chimiques et comprendre dans quelle mesure la charge chimique varie au sein d'une population. La biosurveillance est le fait de mesurer des produits chimiques dans l'urine, le sang ou des tissus. Elle permet d'évaluer les expositions réelles de toutes les sources et voies. Les données utilisées dans le cadre de cette analyse provenaient de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS), une enquête nationale menée par Statistique Canada en partenariat avec Santé Canada et l'Agence de la santé publique du Canada. Pour calculer la charge d'exposition, il faut additionner le nombre de substances chimiques d'intérêt qui sont mesurées dans le sang ou l'urine de personnes à une concentration qui dépasse un seuil défini (ce qui indique une exposition). Le nombre obtenu exprime le résultat pour une population. Au total, 44 biomarqueurs de 26 groupes chimiques ont été analysés dans le sang et l'urine de 1 858 participants âgés de 12 à 79 ans qui ont pris part aux cycles 3 et 4 de l'ECMS. Les premières constatations confirment que les Canadiens sont exposés simultanément à de nombreuses substances chimiques à des concentrations faibles et à moins de substances chimiques à des concentrations élevées. De plus, la charge d'exposition du groupe d'âge le plus jeune (12 à 19 ans) était beaucoup plus faible que celle des personnes plus âgées. Les fumeurs, quant à eux, présentaient une charge d'exposition beaucoup plus élevée que les non-fumeurs. Aucune différence significative n'a été constatée entre les hommes et les femmes. Santé Canada a pour mission de protéger la santé des Canadiens en évaluant et en gérant les risques posés par l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement. L'analyse de la charge d'exposition appuie et oriente ce mandat puisqu'elle permet d'obtenir des données représentatives à l'échelle nationale sur l'exposition de la population canadienne à de multiples substances chimiques. Une autre analyse de la charge d'exposition est prévue. Lien : <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113704>. (CP : Jeff Willey)

GeneTox21 – une plateforme intégrée utilisée aux fins de l'évaluation de la toxicité génétique *in vitro* et de l'évaluation réglementaire des substances nouvelles et existantes

Les altérations génétiques sont associées à de nombreuses maladies humaines. Les programmes d'évaluation préalable des substances chimiques permettent d'évaluer régulièrement la capacité d'une substance chimique d'endommager l'ADN (toxicité génétique). Les outils d'évaluation classiques (essais biologiques) sont laborieux, et ils se prêtent difficilement au criblage des substances chimiques à haut

contenu et à haut débit au moyen d'outils faisant appel à des cellules en culture (essais biologiques *in vitro*). La manifestation physique des altérations génétiques (p. ex. mutations et altérations chromosomiques) nécessite une réplication cellulaire. C'est pourquoi on ne peut désigner les analyses de la toxicité génétique *in vitro* comme des analyses à haut débit. En effet, les méthodes d'analyse les plus rapides prennent 24 heures et plus, de l'exposition de la cellule jusqu'à la collecte des données. Par conséquent, aucun système de dépistage de la toxicité génétique *in vitro* à haut débit multi-paramètres n'a été mis en place. Cependant, des technologies d'évaluation à haut débit (p. ex. cytométrie en flux) peuvent être utilisées pour accroître le débit et la précision de certaines méthodes classiques d'analyse de la toxicité génétique *in vitro*. Les essais effectués au moyen de ces technologies récentes offrent un débit accru comparativement aux méthodes classiques (p. ex. microscopie manuelle). Le présent projet vise à établir une plateforme intégrée à plus haut débit faisant appel à un système d'essais multiples aux fins de l'évaluation de la toxicité génétique induite chimiquement. Le système comprend des essais multi-mesures par cellule destinés à vérifier un éventail d'effets (les outils MicroFlow® et MultiFlow^{MC}), l'analyse à haut débit CometChip® pour la mesure des cassures de l'ADN, une version miniaturisée de l'essai de fluctuation de *Salmonella* (Ames II), une analyse du profil d'expression génique pour l'évaluation des réponses cellulaires aux dommages à l'ADN et la microscopie à haut débit aux fins d'imagerie *in situ* par cellule. Le rendement du système à haut débit est actuellement évalué par l'analyse de 35 composés de référence et de 20 composés peu documentés dont l'évaluation réglementaire est prioritaire. Le rendement général de l'essai est en cours d'évaluation; l'essai sera ensuite déployé pour produire de façon courante le profil de toxicité génétique des substances jugées prioritaires. La plateforme, appelée GeneTox21, sera mise en valeur à l'échelle internationale de façon à inciter les parties intéressées à l'utiliser dans le cadre d'analyses courantes de la toxicité génétique de substances nouvelles et existantes. (CP : Paul White)

Évaluation des risques pour la santé associés à l'exposition à l'arsenic chez les résidents de Ndiłǫ, de Dettah et de Yellowknife dans les Territoires du Nord-Ouest, au Canada

Au Canada, il existe des préoccupations à Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest, au sujet de l'exposition à l'arsenic (As) en raison des opérations minières passées, en particulier l'ancienne mine Giant. L'objectif de cette étude était de caractériser les risques d'exposition à l'arsenic et les facteurs de risque chez les résidents locaux. L'arsenic et ses espèces ont été quantifiés dans l'urine (n = 1966) en utilisant la spectrométrie de masse à couplage inductif. Les enfants de l'étude présentaient des concentrations urinaires d'As inorganique (uAsi) plus élevées (p < 0.05) que les enfants de la population canadienne générale, ainsi que des niveaux plus élevés que les adultes dans l'étude. De plus, les concentrations d'Asi chez les enfants, particulièrement ceux au-dessus du 95^e percentile, sont supérieures aux niveaux d'équivalents de biosurveillance (EB) qui sont associés à des effets cutanés, des problèmes vasculaires et des risques de cancer. Les résultats de la régression linéaire multiple ont montré que les fruits de mer du marché (poissons, mollusques et crustacés) et la fréquence de consommation de riz indiquait une association positive et significative aux uAsi. Spécifiquement aux enfants, boire l'eau du lac était associée positivement aux uAsi. Spécifique aux adultes, la consommation de champignons et de baies locaux indiquait une association significativement et positivement associée aux uAsi, alors qu'il y avait une association négative avec l'âge, le tabagisme et les activités aquatiques récréatives. Les facteurs de risque identifiés dans cette recherche peuvent être utilisés pour l'éducation à la santé publique afin de réduire l'ingestion d'arsenic. Dans l'ensemble, ces résultats appuient la nécessité d'un programme de surveillance continue. Article publié dans le journal *International Journal of Hygiene and Environmental Health* en 2020. (CP: Asish Mohapatra; Dr. Laurie Chan, University of Ottawa)

Répercussions des grands projets sur les aliments traditionnels et conséquences sur la sécurité alimentaire des peuples autochtones : état actuel des pratiques au Canada

Les aliments traditionnels constituent une ressource alimentaire très nutritive qui contribue à contrer l'insécurité alimentaire. Ces aliments ont une incidence (directe ou indirecte) sur toutes les dimensions de la définition holistique de la santé et sont étroitement liés à la culture et à l'identité des peuples autochtones. Ce projet de recherche résumera les principes, pratiques et méthodes actuelles des évaluations de la sécurité des aliments traditionnels et de la sécurité alimentaire. Ces informations serviront à identifier les renseignements de base que Santé Canada recueillera au cours de son examen des documents soumis par les promoteurs des projets désignés conformément à la Loi sur l'évaluation d'impact. Ces travaux s'appuient sur un produit antérieur portant sur les méthodes visant à déterminer les répercussions sur la sécurité des aliments traditionnels dans les communautés de trois Premières Nations de la région des sables bitumineux de l'Athabasca en Alberta. Ce document sera annexé au produit final publié. (CP : Aurelia Thevenot)

Exploiter les données sur la bioactivité *in vitro* pour moderniser l'établissement des priorités en matière d'inventaire des substances chimiques

On compte des milliers de substances chimiques existantes et nouvelles sur le marché dans le monde. Il est donc toujours important d'adopter des méthodes novatrices pour repérer les nouvelles substances chimiques préoccupantes. Pour de nombreuses substances chimiques, les données sur les dangers et l'exposition se font rares, c'est pourquoi il est essentiel d'adopter des méthodes efficaces et éprouvées pour combler les lacunes en matière de données et établir des priorités fondées sur les risques. Plusieurs études ont démontré l'utilité des données sur la bioactivité *in vitro* du programme ToxCast pour calculer les points de départ (PDD). ToxCast contient des données sur près de 1 400 paramètres par substance chimique. De plus, les concentrations bioactives, qui indiquent des effets nocifs potentiels, peuvent être converties en PDD équivalents chez l'humain au moyen d'une modélisation toxicocinétique à haut débit (HTTK). Toutefois, les lacunes en matière de données, qui concernent l'espace chimique obtenu par analyse HTTK limité et les données quantitatives de criblage à haut débit, doivent être corrigées avant que cette méthode puisse faire l'objet d'une application plus large. Dans le cadre du projet de recherche, l'équipe a évalué l'applicabilité des modèles *in silico* pour répondre à ces besoins en matière de données. Plus précisément, l'équipe a utilisé l'outil de prédiction ADMET pour les prédictions HTTK et a opté pour une approche généralisée de lecture croisée pour prédire le potentiel de bioactivité sur ToxCast. Ces modèles ont été utilisés pour établir le profil de 5 801 substances chimiques qui figurent sur la Liste intérieure des substances (LIS). Pour évaluer l'efficacité de l'approche, l'équipe de recherche a comparé les PDD de bioactivité aux résultats *in vivo* de la base de données sur les valeurs de toxicité de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, et ce, pour 1 042 substances chimiques qui figurent sur la LIS. Les comparaisons ont révélé que les PDD de bioactivité tirés des données ToxCast ou établis à partir de lectures croisées étaient prudents pour 95 % des substances chimiques. La comparaison des PDD de bioactivité aux estimations de l'exposition humaine permet de définir les substances chimiques qu'il pourrait être utile d'étudier davantage. La méthode de travail relative à la bioactivité semble prometteuse comme outil de criblage puissant capable de contribuer au tri efficace des inventaires des substances chimiques. (CP : Marc Beal; Tara Barton-Maclaren)

Pharmacocinétique *in vitro* aux fins d'interprétation des données à haut débit (2^e partie)

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé humaine associés à des milliers de substances présentes dans l'environnement. L'évaluation de chaque substance est un travail fastidieux et irréaliste dans le cas d'une évaluation des risques holistique. Par conséquent, la technique de criblage à haut débit est de plus en plus utilisée. Cette technique combine plusieurs signaux provenant de

diverses sources et substances. Dans le cadre d'un projet de recherche financé par l'intermédiaire du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC), des chercheurs et des scientifiques chargés de la réglementation à Santé Canada collaborent à étudier l'utilité de l'intégration d'outils d'analyse de la toxicité *in vitro* dans les évaluations des risques pour la santé humaine. Il est essentiel de définir des paramètres pharmacocinétiques pour interpréter les données obtenues par criblage à haut débit et pour estimer les niveaux d'exposition humaine. Cela facilitera la prise de décisions éclairées sur le potentiel de toxicité d'une substance chimique. Le présent projet vise à mener des expériences *in vitro* afin de fixer des paramètres pharmacocinétiques pour une série de catégories de substances chimiques, comme des phénols complexes, des glycols, des plastifiants, des composés perfluorés et des produits ignifuges désignés par des évaluateurs des risques. Plus de 200 substances chimiques ont été analysées par une entreprise externe. Les scientifiques de Santé Canada se serviront des résultats pour élaborer un document sur l'approche scientifique concernant l'application des données *in vitro* de criblage à haut débit à des fins réglementaires. (CP : Andy Nong)

Extrapolation *in vitro-in vivo* de la toxicocinétique des substances chimiques du PGPC

Les progrès réalisés sur le plan des essais de toxicité ont entraîné une augmentation du recours aux méthodes de criblage à haut débit *in vitro* pour prévoir les effets biologiques possibles après une exposition à des substances chimiques. Le principal défi demeure d'associer les résultats du criblage aux valeurs guides d'exposition qui sont fondées sur les effets réels sur la santé humaine ou animale. Pour surmonter ce défi, on a élaboré de nouvelles méthodes de mesure de l'exposition et des méthodes *in silico* visant à faciliter l'interprétation et l'extrapolation des mesures *in vitro*. Les plus récentes percées dans la conversion des mesures *in vitro* résident dans la réalisation d'essais sur la pharmacocinétique et le métabolisme des médicaments, ou toxicocinétique *in vitro*. Les données cruciales issues de ces essais sont utilisées avec des modèles informatiques pour estimer le devenir d'une substance chimique *in vivo* d'après les concentrations relevées lors d'essais de toxicité *in vitro* (extrapolation *in vitro-in vivo*). Toutefois, les études sur la toxicocinétique *in vitro* et les modèles actuellement utilisés pour extrapoler les concentrations observées lors d'essais de toxicité *in vitro* sont fondés sur des hypothèses de base qui ne sont pas nécessairement valides *in vivo* pour toutes les substances chimiques présentes dans l'environnement. D'autres processus biologiques, comme l'absorption intestinale et l'activation métabolique, n'ont pas été pris en compte dans les travaux de modélisation antérieurs; cela pourrait donner lieu à une appréciation erronée des doses d'exposition pour les humains qui sont fondées sur les mesures *in vitro*. La présente recherche vise à produire des données plus précises sur la toxicocinétique *in vitro* et à mettre au point des modèles d'extrapolation biologique cohérents, qui permettront de prévoir des doses *in vivo* réalistes. Ainsi, les effets toxicologiques possibles associés à ces doses pourraient être prévus en fonction des mesures provenant de la base de données sur la toxicité observée lors d'essais *in vitro* à haut débit. Ces essais et ces modèles permettront d'étudier la plus grande famille de substances récemment utilisées comme solutions de rechange aux plastifiants, aux produits ignifuges et aux produits chimiques perfluorés qui figurent sur la liste des substances d'intérêt prioritaire du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) de Santé Canada et dans le programme ToxCast^{MC} de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. De cette façon, Santé Canada pourra concevoir de nouveaux outils et bénéficier de données complémentaires pour prévoir la toxicité des substances chimiques pour des évaluations des risques à haut débit par extrapolation *in vitro-in vivo*. De plus, il sera possible de déterminer les substances chimiques considérées comme sécuritaires ou de déclencher des essais supplémentaires pour protéger la santé des Canadiens. (CP : Andy Nong)

Évaluation de la toxicité *in vitro* des nanoformes du dioxyde de titane

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques associés aux nanomatériaux d'ingénierie. Le dioxyde de titane (TiO₂) nanoscopique est un matériau apprécié pour sa haute résistance à la traction et ses propriétés électroniques, optiques et catalytiques. Sa production annuelle dépasse les quatre millions de tonnes. En raison du grand usage qui en est fait, ces nanomatériaux figurent sur une liste des priorités élaborée par le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) et doivent faire l'objet d'une évaluation approfondie quant aux risques qu'ils posent pour la santé et l'environnement. Santé Canada est responsable d'évaluer et de gérer les risques associés aux nanomatériaux d'ingénierie. Le TiO₂ peut subir diverses modifications chimiques au cours du processus de fabrication; ces modifications sont appelées nanoformes. Étant donné qu'aucune information n'est disponible sur la toxicité comparative de ces nanoformes, le projet actuel vise à analyser 11 nanoformes du TiO₂ au moyen de cellules pulmonaires (c.-à-d. des cellules épithéliales) et de cellules immunitaires (c.-à-d. des macrophages) en culture pour déterminer leur toxicité relative. La toxicité cellulaire a été mesurée par une évaluation de la viabilité cellulaire, de l'activité métabolique cellulaire et de l'intégrité de la membrane. De plus, certaines voies de stress cellulaire ont été mesurées après l'exposition à ces nanoparticules. L'association entre ces indicateurs de toxicité et les propriétés physiques (taille, forme, etc.) et chimiques (charge superficielle, réactivité, etc.) révélera les caractéristiques des nanoformes qui contribuent le plus à la toxicité. Ces données seront fournies aux collègues de la réglementation pour appuyer l'évaluation du TiO₂ et pour soutenir l'engagement de Santé Canada envers le Groupe de travail sur les nanomatériaux manufacturés (GTNM) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (CP : Premkumari Kumarathasan et Azam Tayabali)

Toxicocinétique *in vitro* pour l'interprétation des données

Santé Canada s'est penché sur l'utilisation de nouvelles approches méthodologiques (NAM) pour évaluer les risques pour la santé liés aux substances chimiques. La présente étude vise à mettre au point des modèles et des applications informatiques qui faciliteront l'interprétation des nouvelles données et approches analytiques ainsi que leur application aux niveaux d'exposition quotidienne de la population qui sont utilisés dans la réglementation. Une abondance de données toxicologiques issues du criblage à haut débit est maintenant disponible grâce aux vastes essais internationaux qui ont été réalisés. Ces essais évaluent les réponses biologiques de cellules, de tissus ou encore d'organismes de faible taille à des milliers de substances chimiques. Dans le cadre d'un projet conjoint de Santé Canada et de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, des données cinétiques chimiques expérimentales additionnelles, aussi appelées « données de toxicocinétique *in vitro* », sont produites pour faciliter la prédiction des niveaux d'exposition par les modèles informatiques. On travaille également à concevoir, à l'intention des responsables de la réglementation, des applications Web qui regrouperont ces connaissances et qui aideront à prédire les effets nocifs possibles des produits chimiques. L'examen de diverses catégories de substances chimiques dans l'environnement permet de préparer des études de cas qui porteront sur les points et les facteurs clés de l'utilisation d'applications informatiques avec des données de criblage à haut débit pour prédire et évaluer les préoccupations en matière de santé. Les recherches en informatique faciliteront la prise de décisions éclairées en ce qui concerne la détermination des substances chimiques prioritaires et l'évaluation des risques potentiels pour la santé dans le prochain cycle du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) de Santé Canada. (CP : Andy Nong)

Intégration de flux de travail informatiques pour l'établissement des priorités en matière d'évaluation des risques conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*

Depuis 2006, les priorités en matière d'évaluation des risques associés aux produits chimiques et à d'autres substances aux termes de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*

[LCPE (1999)] ont en grande partie été établies en fonction de la catégorisation de la Liste intérieure des substances (LIS). Le processus de catégorisation était une initiative pluriannuelle qui avait pour but de traiter manuellement les données relatives aux dangers que posent les substances chimiques et à l'exposition à celles-ci pour établir les priorités. Le processus d'établissement de l'ordre de priorité des substances chimiques reposait principalement sur les résultats des essais de toxicité disponibles à ce moment-là. Les substances chimiques pour lesquelles peu de données étaient disponibles n'étaient généralement pas évaluées en priorité, et ce, même si elles étaient potentiellement dangereuses. Au cours des 15 années qui se sont écoulées depuis cette catégorisation, la quantité d'ensembles de données publics sur la toxicité a augmenté considérablement, tout comme le nombre de technologies de criblage *in silico* et *in vitro* pour l'évaluation des dangers. Les modifications proposées à la LCPE (1999) comprennent l'établissement d'un nouveau plan pour déterminer les priorités en matière de gestion des substances chimiques de façon à refléter l'évolution de la science dans le domaine. Pour ce faire, le Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes (BERSE) a mis au point des flux de travail informatiques qui automatisent la collecte et la pondération des données probantes liées aux résultats *in vivo*, *in vitro* et *in silico* pour les 28 000 substances chimiques inscrites sur la LIS. Pour la collecte de données *in vivo* et *in vitro*, le flux de travail utilise des scripts pour le moissonnage du Web et d'autres méthodes (p. ex. appels d'API) pour interroger rapidement des sources d'information électroniques. De plus, plusieurs modèles *in silico* qui reposent sur des technologies d'apprentissage automatique pour prédire la toxicité ont été mis au point et pourraient être utiles pour évaluer les substances chimiques pour lesquelles on dispose de peu de données. Le flux de travail se sert d'algorithmes fondés sur des règles pour pondérer les données et les renseignements en fonction de multiples critères d'effet réglementaires. L'objectif est de prioriser les substances chimiques qui doivent faire l'objet d'évaluations ou de collectes de données supplémentaires. Le flux de travail informatique est développé à l'aide de logiciels ouverts (KNIME, R, Python) pour que la méthodologie puisse être plus facilement partagée. (CP : Matthew Gagné)

Évaluation des effets de la vitesse de dissolution des nanoparticules métalliques sur les réponses cellulaires (PGPC)

Les nanomatériaux (NM) métalliques se trouvent couramment dans les produits de consommation, dont les cosmétiques, les écrans solaires, les textiles, les produits de soins personnels, les produits thérapeutiques et la peinture. Par conséquent, la probabilité que les humains soient exposés à ces matériaux a augmenté. Santé Canada se doit de réaliser des évaluations des risques pour la santé humaine associés aux NM manufacturés dont le numéro attribué par le Chemical Abstract Service (numéro CAS) figure sur la Liste intérieure des substances (LIS). La gamme de formes de NM qui peuvent être manufacturés sous le même numéro CAS est très vaste. On ne sait pas si toutes ces formes présentent des dangers semblables pour la santé humaine ni si les propriétés physico-chimiques des NM, dont la dissolution, ont des effets sur leur toxicité. Pour combler les lacunes en matière de données concernant les nanoformes, Santé Canada a fait équipe avec le laboratoire du Centre de recherche sur la santé et l'environnement (CRSE) de l'Université Dalhousie pour réaliser un projet dont l'objectif est de déterminer les profils toxicologiques et d'étudier la solubilité de sept nanoformes d'oxyde de zinc (ZnO) afin d'établir la relation entre la vitesse de dissolution de ces nanoformes et les réponses cellulaires. La vitesse de dissolution des nanoformes représentatives a été mesurée dans différentes solutions biologiques et matrices. De plus, des cellules pulmonaires en culture ont été exposées aux nanoformes d'essai par l'entremise d'un système d'interface air-liquide, un système d'exposition qui reproduit des conditions réalistes d'exposition aux NM par inhalation. Les profils toxicologiques des nanoformes de ZnO ont été comparés en fonction de leurs effets sur la viabilité cellulaire et sur l'intégrité de la membrane, ainsi que de leur capacité à induire un stress cellulaire et des réactions inflammatoires. Les données obtenues au cours de ce projet serviront directement aux évaluations des risques liés aux

nanomatériaux et permettront aux évaluateurs de Santé Canada de déterminer de quelle façon cette propriété particulière des nanomatériaux a un effet sur les réponses cellulaires causées par une exposition aux NM. Elles permettront également d'améliorer les outils et les approches que les évaluateurs de Santé Canada utilisent pour évaluer le risque posé par les nanomatériaux qui figurent sur la LIS. (CP : Kathy Nguyen et Djordje Vladislavjevic)

Utilisation de modèles d'apprentissage automatique dans la prédiction des perturbateurs endocriniens

Les organes de réglementation poursuivent leurs efforts pour cerner et évaluer les produits chimiques qui ont le potentiel de perturber le système endocrinien. Les perturbateurs endocriniens ont été associés à des effets sur la reproduction et le développement, à des troubles d'apprentissage, à des effets sur le développement cognitif et cérébral, à des effets sur la thyroïde et au cancer. Il existe très peu de données sur la majorité des produits chimiques commercialisés, et les méthodes d'essai de toxicité classiques nécessitent beaucoup de temps et de ressources (tant en coûts et qu'en animaux). Ces méthodes sont difficiles à appliquer en raison de l'évolution rapide de l'environnement chimique, notamment le flux continu de nouveaux produits chimiques complexes. De plus, cette approche exigeante sur le plan des ressources n'est pas forcément nécessaire si l'on s'intéresse à un mode d'action en particulier, par exemple la perturbation du système endocrinien alors que la majorité des produits chimiques commercialisés ne sont pas des perturbateurs endocriniens. Pour améliorer l'efficacité de la détection et de l'identification des produits chimiques les plus préoccupants, de nouvelles approches méthodologiques (NAM) sont en train d'être élaborées et utilisées : ces méthodes permettent de détecter rapidement des produits chimiques et, par conséquent, de mieux cibler l'établissement des priorités et les évaluations. Il s'avère que les méthodes utilisées actuellement dans ce domaine ne s'appliquent qu'à un nombre limité de substances. Dans le cadre du présent projet, des modèles d'apprentissage automatique ont été mis au point pour prédire les propriétés de perturbation du système endocrinien de produits chimiques. Nous utilisons des données structurales simples pour apprendre au modèle à prédire l'activité à l'aide d'une méthode appelée « relation (quantitative ou qualitative) structure-activité » (R[Q]SA). Les présents travaux visent à élaborer et à mettre en œuvre des modèles d'apprentissage automatique qui permettront de faire ressortir les produits chimiques inscrits sur la Liste intérieure des substances (LIS) qui sont potentiellement préoccupants en raison de leur effet sur le système endocrinien, de manière à mieux cibler la priorisation et l'évaluation des produits chimiques potentiellement dangereux. Un manuscrit décrivant la méthodologie utilisée et les modèles créés pour ces travaux est en cours de rédaction. (CP : Sean Collins)

Plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement)

La plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) englobe l'étude MIREC initiale menée auprès de femmes enceintes canadiennes ainsi que les études de suivi menées auprès d'une partie de leurs enfants, soit MIREC-ID (développement des nourrissons), MIREC-CD3 (développement des enfants à 3 ans) et MIREC-CD Plus (biosurveillance et neurodéveloppement chez les enfants de 2 à 5 ans). Cette plateforme a été conçue pour obtenir des données pancanadiennes sur l'exposition des mères, des fœtus et des nouveau-nés aux substances chimiques prioritaires présentes dans l'environnement et sur les effets indésirables possibles de ces substances sur la grossesse de même que sur la croissance et le développement du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant. Lors de l'étude MIREC initiale, qui était codirigée par des chercheurs de Santé Canada, environ 2 000 femmes réparties dans 10 villes un peu partout au Canada ont été recrutées durant le premier trimestre de leur grossesse et suivies jusqu'à leur accouchement. Les questionnaires à remplir durant la grossesse et après l'accouchement visaient à recueillir des renseignements sur l'emploi, le mode de vie, les antécédents médicaux, les expositions environnementales et l'alimentation. Les renseignements sur la grossesse et sur le nourrisson

provenaient des dossiers médicaux. Nous avons prélevé des échantillons de sang, d'urine, de cheveux et de lait chez les mères, ainsi que des échantillons de sang de cordon ombilical et de méconium, et nous avons vérifié la présence d'un grand nombre de substances chimiques environnementales et de nutriments dans ceux-ci. Les études de suivi menées auprès des nourrissons et des jeunes enfants portaient sur l'association possible entre l'exposition prénatale à diverses substances chimiques et le risque d'effets indésirables sur la croissance des enfants, et sur les marqueurs potentiels de toxicité pour la reproduction (MIREC-ID), de toxicité comportementale (MIREC-CD3) et de toxicité pour le développement neurologique (MIREC-CD Plus). Les échantillons de sang et d'urine des enfants ont fait l'objet d'analyses visant à combler les lacunes en matière de données concernant plusieurs métaux, éléments et substances chimiques non persistantes (phtalates, phénols, pyréthrinoides) chez les jeunes enfants (MIREC-CD Plus). La plateforme comprend également la biobanque MIREC, constituée d'échantillons biologiques prélevés pour les recherches à venir sur la santé des mères et de leurs enfants. Le projet continue de produire de nouvelles connaissances sur l'exposition cumulative aux perturbateurs endocriniens durant les premiers stades de la vie et sur les facteurs de risque potentiels pour les populations vulnérables, comme les femmes enceintes, les fœtus et les jeunes enfants. Ces connaissances sont utiles dans l'évaluation des risques et la gestion des substances chimiques. (CP : Jillian Ashley-Martin)

Étude MIREC-ENDO : début de la puberté, fonction endocrinienne et métabolisme

MIREC-ENDO est un nouveau volet longitudinal de la plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) qui porte sur l'évolution dans le temps de la santé métabolique des mères qui participent à l'étude MIREC ainsi que sur la croissance et le développement pubertaires et la santé métabolique de leurs enfants. Les résultats de l'étude, qui combleront des lacunes majeures en matière de données, permettront à Santé Canada de mieux comprendre les conséquences potentielles de l'exposition à des perturbateurs endocriniens au cours de la petite enfance et de l'enfance sur le métabolisme, la croissance (p. ex. obésité) ainsi que le début et la progression de la puberté. Santé Canada évaluera également si l'état de santé et les expositions à des substances chimiques durant la grossesse ont des répercussions à long terme sur la santé des mères. Dans le cadre de l'étude, les chercheurs prélèvent des échantillons biologiques qu'ils soumettent à des analyses dont l'objectif est de détecter la présence d'hormones et de substances chimiques. Ils réalisent également des examens médicaux cliniques sur les mères et leurs enfants en plus de leur faire passer des questionnaires visant à recueillir des données tant sur les mères que sur la cohorte d'enfants, et ce, à des âges clés du développement pubertaire, à savoir 7-9 ans, 10-12 ans et 13-15 ans. Plus de 500 mères et enfants ont été recrutés pour la première phase de l'étude. L'équipe de recherche est parvenue à surmonter les obstacles attribuables à la pandémie de COVID-19 grâce à l'adoption d'outils de collecte de données à domicile. Les chercheurs ont analysé des échantillons d'urine prélevés au cours du premier trimestre de la grossesse, lesquels proviennent de la biobanque MIREC, pour déceler un certain nombre de nouvelles substances chimiques, dont les composés organophosphorés ignifuges, le glyphosate et des analogues du bisphénol. La planification de la deuxième phase de l'étude, soit le recrutement d'enfants de 10 à 12 ans, est en cours. L'étude comprend des analyses en fonction du sexe et du genre. Jusqu'à maintenant, le projet a permis l'élaboration de nouvelles méthodes d'analyse des substances chimiques émergentes et se traduira par la production de nouvelles connaissances sur l'exposition cumulative à des mélanges de substances chimiques et leurs effets potentiels sur la santé des populations vulnérables à divers stades critiques de la vie. Ces nouvelles connaissances guideront les politiques d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Jillian Ashley-Martin)

Modélisation et évaluation de l'exposition de courte durée au plomb dans le sol

Le plomb est une substance présente naturellement dans les sites contaminés, et la recherche scientifique sur les effets de cette substance sur la santé humaine est en constante évolution. Les jeunes enfants sont sensibles aux effets du plomb, qui sont nocifs sur leur système neurologique en développement. Les effets provoqués par des expositions au plomb pendant l'enfance durent toute la vie. Pour améliorer la gestion du plomb dans les sites contaminés, Santé Canada étudie des méthodes d'évaluation des risques pour la santé liés à l'exposition au plomb. En tant que ministère de soutien expert en ce qui a trait au Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASC), Santé Canada fournit des conseils aux autres ministères fédéraux sur les risques potentiels pour la santé humaine. Le financement du PASC a notamment servi à élaborer des directives scientifiques pour évaluer les effets non cancérogènes d'une exposition de courte durée (c.-à-d. une exposition qui ne constitue pas une exposition chronique) à des produits chimiques. Compte tenu de la prévalence du plomb et des défis techniques liés à l'évaluation des risques qui y sont associés, le plomb est un candidat intéressant pour une étude portant sur une exposition de courte durée. Une étude préliminaire a été amorcée pour vérifier si des modèles mathématiques sont en mesure d'évaluer les changements de la plombémie. Cet exercice reposait sur une comparaison des effets sur la santé chez divers groupes d'âge à la suite d'une exposition à différents niveaux de plomb dans le sol. Deux modèles pharmacocinétiques de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, soit le modèle IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic) et le modèle AALM (All-Ages Lead Model), ont été utilisés pour simuler la plombémie. Une concentration de référence au sol de 140 mg/kg (selon une ancienne recommandation pour la qualité des sols) a été utilisée. Celle-ci s'apparente aux concentrations de fond observées dans les sols en Ontario. L'exposition totale est demeurée constante (sur une ou deux semaines), et les concentrations dans le sol ont été augmentées par échelons, et ce, proportionnellement à la diminution de la fréquence de l'exposition. L'exposition quotidienne constituait le niveau de référence. Les changements modélisés de la plombémie ont été comparés aux valeurs de référence de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (2010), lesquelles sont établies en fonction d'une diminution d'un point de quotient intellectuel chez les enfants. Selon les résultats préliminaires, un amortissement de l'exposition moyenne sur une semaine peut être acceptable à certaines plages de concentrations dans le sol, mais un examen approfondi par les pairs est prévu pour préciser les conclusions de l'étude. (CP : Sue-Jin An, Nicole Somers, Inrinsic Corp.)

Exposition multimédia à de nouvelles substances chimiques préoccupantes utilisées comme substances de remplacement et à certaines substances chimiques du PGPC3

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques, pour la santé des Canadiens, associés à l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement. Plusieurs pays ont commencé à réglementer la production, l'utilisation et l'importation de certains composés chimiques (p. ex. le bisphénol A [BPA], les produits ignifuges à base de polybromodiphényléthers [PBDE], les phtalates, les parabènes et le triclosan) ayant la capacité de provoquer divers effets sur la santé, notamment par une perturbation du système endocrinien. Par conséquent, bon nombre de produits chimiques ont fait leur entrée sur le marché comme produits de remplacement des composés chimiques susmentionnés. Cependant, l'exposition à ces produits et les risques qu'ils pourraient poser pour la santé n'ont pas encore été évalués au Canada. L'objectif du présent projet quadriennal est de produire des données sur l'exposition, au Canada, à des composés chimiques, dont certains produits ignifuges, les composés d'ammonium quaternaire, les analogues du BPA, les plastifiants de rechange et les produits de remplacement des parabènes et du triclosan, présents dans des matrices environnementales et biologiques, ainsi que dans des produits pour enfants (biberons). Au besoin, de nouvelles méthodes seront élaborées pour pouvoir réaliser des analyses quantitatives. Pour ce faire, on utilisera des

échantillons nouveaux ou conservés de poussière, d'eau, d'urine, de sérum, de liquide folliculaire amniotique et de tissus placentaires prélevés chez divers groupes de population et dans des résidences partout au Canada. En outre, la modélisation biologique de certains produits chimiques susmentionnés donnera un aperçu du rapport entre les concentrations mesurées dans différentes matrices et l'exposition quotidienne prévue. Les données obtenues seront utiles pour évaluer ou gérer les risques associés à ces produits chimiques, et pourraient servir à évaluer les effets possibles sur la santé et à appuyer la planification de projets de biosurveillance, y compris l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). (CP : Cariton Kubwabo)

Programme national de biosurveillance dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) – cycles 5 et 6 (2016-2019) et cycles 7 et 8 (2022-2025) (S et S du PGPC)

Le Programme national de biosurveillance est exécuté dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS), une enquête nationale dirigée par Statistique Canada en partenariat avec Santé Canada et l'Agence de la santé publique du Canada. Au moyen d'entrevues individuelles et de la collecte de mesures physiques, cette enquête continue fournit des données représentatives à l'échelle nationale sur des indicateurs de l'exposition environnementale, les maladies chroniques et infectieuses, la condition physique et l'état nutritionnel. Les mesures physiques comprennent la biosurveillance et la mesure des concentrations de substances chimiques présentes dans l'environnement ou de leurs métabolites dans des échantillons de sang, d'urine ou de cheveux. La Division des études sur la population (DEP) de Santé Canada est responsable du Programme national de biosurveillance, qui comprend la planification, la collecte, le contrôle de la qualité, la déclaration et la diffusion, ainsi que l'analyse et l'interprétation des données de biosurveillance à l'échelle nationale. Le programme établit les concentrations de référence et les tendances relatives aux substances chimiques présentes dans l'environnement qui sont préoccupantes pour la population canadienne, et il aide à répondre aux besoins en matière de réglementation et de données sur la santé publique. Au nombre des jalons clés du Programme national de biosurveillance au cours de l'exercice financier 2020-2021 figuraient : 1) la publication du premier *Rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au moyen d'échantillons groupés*, qui comprend des données sur des substances chimiques persistantes dans l'environnement, comme les dioxines et les furanes, évaluées au cours des cycles 1, 3, 4 et 5 de l'ECMS; 2) la rédaction du sixième *Rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada*, qui contient des données sur 79 substances chimiques de l'environnement (comme les autres plastifiants et les pesticides) recueillies dans le cadre du cycle 6 de l'ECMS (2018-2019); 3) la publication d'un article clé qui présente la charge d'exposition comme méthode pour quantifier la charge d'exposition à de multiples substances chimiques au sein de la population et la publication d'un autre article qui fait état des liens entre l'exposition au triclosan ou au bisphénol A et les concentrations sériques d'hormones sexuelles stéroïdiennes chez les Canadiens; 4) la publication d'une base de données et d'un outil de comparaison en ligne des valeurs guides de biosurveillance (<https://biomonitoring.shinyapps.io/guidance/>); 5) l'amélioration des méthodes d'analyse de certaines substances chimiques jugées prioritaires aux fins de la biosurveillance au cours du cycle 7 de l'ECMS, dont une nouvelle méthode qui permet d'analyser 28 congénères de paraffine chlorée; 6) le début de l'analyse des échantillons de la biobanque de l'ECMS au cours de l'année d'interruption de l'ECMS (de janvier à décembre 2020) afin de répondre aux besoins à court terme des intervenants en matière de données.

Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN)

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) a été mis en œuvre pour répondre aux inquiétudes relatives à l'exposition humaine à des concentrations élevées de contaminants chez les espèces sauvages qui jouent un rôle important dans le régime alimentaire traditionnel des Autochtones

du Nord. L'objectif clé de ce programme vise à réduire, voire à éliminer si possible, les contaminants dans les aliments traditionnels et locaux tout en fournissant des renseignements pour aider les gens et les communautés à prendre des décisions éclairées sur leur alimentation. On continue de mener des études de biosurveillance et des études portant sur des paramètres de santé pour caractériser l'exposition humaine aux substances chimiques présentes dans l'environnement et leurs répercussions sur la population du Nord. En 2020-2021, cinq projets concernant la santé humaine ont été financés dans le but d'étudier l'exposition aux contaminants et les liens avec les aliments locaux et l'état nutritionnel, ainsi que l'élaboration et l'évaluation d'outils de communication en santé. La Division des études sur la population dirige le volet santé humaine du PLCN en collaboration avec la Direction générale des produits de santé et des aliments (DGPSA). Le PLCN constitue actuellement la contribution principale du Canada au volet contaminants du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) établi par le Conseil de l'Arctique. Un groupe d'évaluation de la santé humaine a été formé dans le cadre du PSEA. Ce groupe est responsable de la surveillance des tendances et de l'évaluation des répercussions des polluants sur la santé des habitants de l'Arctique. (CP : Cheryl Khoury)

Identification des phases des nanopoudres d'oxyde métallique achetées auprès de distributeurs en ligne

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques associés aux nanomatériaux d'ingénierie (matériaux dont la taille est comprise entre 1 et 100 nanomètres). Dans le cadre de ses activités d'évaluation des risques, le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) a acheté des nanopoudres d'oxyde métallique offertes sur le marché pour en caractériser les propriétés physico-chimiques et toxicologiques. L'identification de la phase minérale et de la cristallinité est essentielle à l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux d'oxyde métallique, car des phases distinctes présentent une solubilité et une toxicité différentes. L'identification de la phase minérale est généralement obtenue à l'aide de la diffraction des rayons X sur poudre (XRD). Les présents travaux de recherche visent à aider le BECSN dans sa caractérisation physico-chimique des huit groupes d'oxydes métalliques (cuivre, nickel, cérium, aluminium, fer, manganèse, titane et zinc) et lui permettent de mener à bien les études toxicologiques en cours sur les mêmes nanomatériaux. L'objectif consiste à utiliser la diffraction des rayons X sur poudre pour identifier les phases minérales (cristalline et amorphe) de plusieurs nanoformes de chacun des oxydes métalliques prioritaires et à estimer la taille des cristallites en fonction des caractéristiques spectrales de diffraction des rayons X sur poudre. Par la confirmation des phases minérales, de la pureté et de la taille des particules de ces nanomatériaux, les résultats de la recherche proposée permettront de réaliser la caractérisation physico-chimique complète des 54 nanopoudres initiales figurant sur la liste du BECSN et d'ajouter de la valeur aux enquêtes toxicologiques portant sur ces nanomatériaux. (CP : Suzanne Beauchemin; Pat Rasmussen)

Projet Apollo : Évaluation de solutions numériques d'apprentissage par le jeu pour une sensibilisation optimisée à la santé environnementale ciblant les jeunes

La pandémie de la COVID-19 a posé des défis pour les méthodes traditionnelles de sensibilisation qui servent à aider les gens à maintenir et à améliorer leur santé. « Rebâtir en mieux » est une priorité à l'échelle du gouvernement fédéral et l'expansion de la capacité numérique grâce à l'utilisation de technologies modernes est l'un des moyens d'adapter les activités de sensibilisation. En particulier, il a été démontré que l'apprentissage basé sur le jeu sur les plateformes numériques augmente l'engagement et la compréhension des utilisateurs. Cela peut offrir une méthode efficace pour la sensibilisation des jeunes, que le gouvernement a identifié comme un groupe prioritaire. Le Programme de santé environnementale de l'Ontario de la Direction générale des opérations réglementaires et de l'application de la loi, le Bureau de la transformation et l'École de la fonction publique du Canada collaborent à un projet dans le cadre de l'Initiative du Fonds de solutions qui explorera l'efficacité et la faisabilité des solutions numériques outil pour accroître la sensibilisation et motiver le changement de

comportement sur les risques environnementaux pour la santé chez les jeunes. Les technologies de solutions numériques faisant l'objet d'un examen comprennent des applications Web, la production de vidéos en 3D à 360°, la réalité augmentée, la réalité virtuelle et la réalité mixte. L'efficacité d'une solution prend en compte l'engagement des utilisateurs et le changement de comportement; la faisabilité est évaluée en fonction des coûts financiers, de l'accessibilité et des ressources d'apprentissage. Le projet adopte une approche de conception centrée sur l'humain qui optimise le développement du système en se concentrant sur les besoins des utilisateurs. Les méthodes impliquent une revue de la littérature et l'identification des tendances du marché sur l'apprentissage basé sur le jeu, la consultation de spécialistes du comportement concernant la mesure du changement de comportement et des discussions de groupe facilitées avec les parties prenantes sur les solutions numériques. L'évaluation fournira des suggestions sur les conceptions et les plateformes pour l'apprentissage fondé sur le jeu en vue d'une sensibilisation nouvelle et renforcée à l'égard des jeunes. Les prochaines étapes potentielles seront de développer des prototypes de solutions numériques éclairés par les résultats de cette étude. (CP : Joel Kaushansky; Phoebe Tung)

Couplage de bases de données : étude du lien entre les niveaux d'exposition aux substances chimiques dans l'environnement et les résultats sur la santé

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition aux substances chimiques dans l'environnement. La gestion des substances chimiques à travers le monde s'intéresse principalement à des substances chimiques individuelles ou à des groupes de substances chimiques du point de vue des dangers qu'ils présentent en raison de leurs propriétés chimiques et du degré auquel les personnes ou l'environnement y sont exposés. Les renseignements disponibles actuellement ne permettent pas de bien saisir l'effet de l'exposition à certaines substances chimiques (ou groupes de substances chimiques) ni le lien entre cette exposition et certaines maladies humaines. Il est donc pertinent d'envisager une méthode qui ne se limite pas qu'à l'exposition aux substances chimiques, mais qui vise plutôt à établir des liens entre les expositions (à un seul produit chimique et à une combinaison de produits) et les maladies dans un cadre qui tient également compte d'autres facteurs liés à la santé. Dans cette étude, Statistique Canada couplera deux bases de données pour la première fois, soit les données de biosurveillance de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) pour les cinq cycles de 2007 à 2017 et les données du Registre canadien du cancer. Les résultats seront analysés et des recommandations seront formulées en vue d'études plus approfondies. (CP : Mary Lysyk)

Lecture croisée quantitative à l'aide de méthodes chimio-informatiques

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition aux substances chimiques dans l'environnement. La lecture croisée est une méthode couramment utilisée dans l'évaluation des risques des substances pour combler les lacunes relatives aux données sur les propriétés toxicologiques. En général, il est plus facile d'effectuer une lecture croisée qualitative pour des critères d'effet toxicologique bien définis, comme la mutagénicité et la sensibilisation cutanée. À l'inverse, il est plus difficile de faire une lecture croisée pour des critères d'effet comme la toxicité à doses multiples (TDM) ou la toxicité pour le développement et la reproduction en raison de la complexité des mécanismes d'action, qui entraîne une gamme de résultats indésirables. Dans le cadre d'un effort de collaboration récent, une méthode axée sur la chimio-informatique a été élaborée. Cette méthode consiste en l'intégration de renseignements propres aux critères d'effet toxicologique afin d'estimer les limites de confiance relatifs à la dose sans effet nocif observé (DSENO) d'une substance cible. L'objectif est de permettre une lecture croisée de la TDM en l'absence de données d'essais empiriques (Yang et coll. 2020). La méthode tient compte non seulement de la similarité structurelle, mais aussi de la similarité biologique et des renseignements propres aux

critères d'effet. Les exemples présentés dans ce projet de recherche initial au moyen d'une base de données enrichie d'antimicrobiens démontrent la fiabilité de la méthode pour cet espace chimique, mais d'autres travaux sont nécessaires pour peaufiner les estimations des limites relatives à la dose sans effet observé (DSEO) et pour élargir l'applicabilité de la méthode. L'objectif principal de cette étude est de vérifier si cette méthode fonctionne bien lorsqu'elle est appliquée à un plus grand ensemble de composés qui diffère de l'espace chimique précédent. Les bisphénols seront examinés en tant que sous-ensemble chimique initial. Il est essentiel de démontrer l'exactitude de cette méthode lorsqu'elle est appliquée à divers groupes de produits chimiques et de caractériser les incertitudes pour que la méthode puisse servir à appuyer la lecture croisée quantitative pour des critères d'effet toxicologique complexes. (CP : Sunil Kulkarni [BERSE]; Chihae Yang [MN-AM])

Amélioration et diffusion d'un cadre quantitatif pour l'analyse et l'interprétation réglementaire des données dose-réponse sur la toxicité génétique

Les altérations génétiques sont associées à de nombreuses maladies humaines. Les programmes d'évaluation préalable des substances chimiques permettent d'évaluer régulièrement la toxicité génétique (génétoxicité). Les résultats des essais de génotoxicité sont habituellement évalués par compartimentage qualitatif (c.-à-d. oui ou non), ce qui permet seulement d'identifier les agents qui endommagent l'ADN. Cependant, l'analyse quantitative des résultats des essais de génotoxicité et l'utilisation des valeurs d'activité (paramètres de point de départ) propres aux substances chimiques suscitent de plus en plus d'intérêt en ce qui concerne la détermination des limites d'exposition humaine et l'évaluation de la probabilité d'effets néfastes sur la santé. Des travaux antérieurs ont permis d'établir le paramètre le mieux adapté comme point de départ pour les analyses courantes des données d'essais de génotoxicité. Une approche préliminaire a également été proposée pour l'établissement de limites d'exposition humaine auxquelles la probabilité d'effets néfastes est négligeable. La présente étude vise à éliminer les obstacles qui empêchent l'utilisation régulière de paramètres de point de départ, comme la dose de référence, aux fins de l'évaluation de la probabilité d'effets génétiques induits par des substances chimiques. Plus précisément, le projet utilise des données sur la relation dose-réponse tirées de publications scientifiques afin de déterminer les valeurs de seuils critiques d'effets propres aux essais. Ces valeurs, aussi appelées « réponses de référence », sont nécessaires pour établir la dose correspondant à une réponse toxicologique d'intérêt, ainsi que pour déterminer la limite d'exposition associée à un risque minime d'effets néfastes sur la santé humaine. L'analyse de données publiées sert également à déterminer de façon empirique les valeurs des facteurs d'incertitude utilisés pour interpréter l'évaluation expérimentale de la toxicité aux fins de l'évaluation des risques pour la santé humaine. Les analyses connexes des données d'essais publiées sont utilisées pour comparer les évaluations réglementaires réalisées en fonction des données sur la génotoxicité avec celles réalisées en fonction des données sur la cancérogénicité (c.-à-d. études de cas). Les résultats obtenus serviront à élaborer un cadre pour l'utilisation quantitative courante des données sur la génotoxicité au moment de réaliser les évaluations réglementaires des substances chimiques nouvelles et existantes. On consultera les intervenants afin d'évaluer le cadre proposé et de promouvoir, à l'échelle internationale, les méthodes quantitatives aux fins de l'évaluation réglementaire des substances chimiques génotoxiques. (CP : Paul White)

Analyse régionale des données de biosurveillance de l'ECMS

L'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS), une enquête continue sur la santé menée à l'échelle nationale selon des cycles de deux ans, recueille des données exhaustives sur les concentrations sanguines et urinaires de substances chimiques de l'environnement; ces données sont ensuite utilisées pour évaluer l'exposition des Canadiens aux substances chimiques. Bien que les

données recueillies ne soient représentatives à l'échelle nationale qu'au cours d'un même cycle de l'ECMS, la combinaison de données de plusieurs cycles de l'ECMS permet de calculer les concentrations de substances chimiques qui sont représentatives de cinq régions différentes de l'ECMS, soit l'Atlantique, le Québec, l'Ontario, les Prairies et la Colombie-Britannique. L'objectif de ce projet permanent est d'abord d'établir des estimations statistiquement robustes des concentrations de substances chimiques à l'échelle régionale et, ensuite, d'étudier la possibilité de calculer des estimations valides à plus petite échelle géographique. Dans la toute première analyse régionale des données de l'ECMS publiée au cours de l'exercice 2019-2020, les concentrations sanguines et urinaires de plusieurs substances chimiques de l'environnement ont été comparées pour le Québec et l'Ontario, pour la totalité de l'ECMS (représentant le Canada) à l'exception du Québec et pour la totalité de l'ECMS à l'exception de l'Ontario. L'analyse montre plusieurs différences régionales en ce qui concerne l'exposition aux substances chimiques et a contribué à l'évaluation des facteurs contributifs. Les évaluations continues à l'échelle régionale dans le cadre de ce projet porteront sur d'autres régions de l'ECMS (p. ex. la Colombie-Britannique) et aideront à établir un lien entre l'exposition à des sources régionales ou ponctuelles de polluants et des facteurs sociodémographiques ou liés au style de vie propres à une région. Au bout du compte, ces données pourraient contribuer à l'établissement de priorités régionales quant aux mesures de contrôle visant à réduire l'exposition de la population canadienne aux substances chimiques. (CP : Annie St-Amand)

Potentiel toxique relatif des variantes nanoparticulaires de la silice et du dioxyde de titane

Le manque de données fiables sur les propriétés physico-chimiques et la toxicité des nanomatériaux manufacturés complique la détermination des dangers et l'évaluation des risques qu'ils présentent. Il devient alors difficile pour les organismes gouvernementaux d'élaborer des lignes directrices sur l'évaluation efficace de l'innocuité de ces matériaux. Par ailleurs, les nanomatériaux d'ingénierie font leur apparition sur le marché dans des produits de consommation et d'autres applications, comme dans les peintures, les scellants et les cosmétiques. De nouveaux rapports semblent également indiquer que ces nanomatériaux se retrouvent dans l'air ambiant et pourraient donc avoir une incidence sur la santé publique. Le projet vise à répondre aux besoins en matière d'évaluation des risques associés à la nanosilice et aux nanoparticules de dioxyde de titane, des nanomatériaux susceptibles d'atteindre l'atmosphère et d'être dommageables pour la santé humaine et l'environnement. Il est important de comprendre la toxicité des nanomatériaux pour déterminer les conséquences sur la santé attribuables aux composants des polluants atmosphériques de tailles nanométriques. Dans le cadre du présent projet, les chercheurs de Santé Canada, en collaboration avec leurs collègues d'Environnement et Changement climatique Canada et des partenaires du milieu universitaire, se pencheront sur les caractéristiques de toxicité de ces nanomatériaux dont les propriétés physiques et chimiques varient. L'influence de la composition, la taille et l'enrobage de ces nanomatériaux sont en cours d'évaluation, tout comme la toxicité dans des cellules épithéliales et des macrophages pulmonaires, et dans des cellules d'échantillons de biopsie prélevés chez des personnes en bonne santé et chez des personnes atteintes de maladies pulmonaires (p. ex. fibrose kystique). La capacité d'oxydation de ces particules a été déterminée. L'absorption de nanoparticules de silice amorphe par les macrophages a aussi été étudiée. Les renseignements recueillis dans le cadre du projet permettront de mieux comprendre les conséquences sur la santé découlant de l'exposition à des nanomatériaux, grâce à l'obtention de données sur la toxicité servant à l'évaluation des risques associés à ces matériaux (p. ex. Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles, BECSN) et, peut-être, de contribuer à la conception de nanomatériaux moins toxiques. (CP : Premkumari Kumarathasan)

Examen des données de biosurveillance humaine disponibles pour approfondir les connaissances sur l'exposition des pompiers aux substances toxiques préoccupantes dérivées de la combustion

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition aux substances chimiques dans l'environnement. Les pompiers présentent des risques accrus de cancer et d'autres maladies graves. Leur exposition aux produits chimiques contenus dans les émissions de combustion, dont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les ignifugeants et les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA), est une source de préoccupation. Il est connu que certaines de ces substances sont toxiques et qu'elles peuvent donc produire des effets indésirables sur les cellules qui y sont exposées et sur la santé des animaux de laboratoire. À ce jour, les voies d'exposition des pompiers à ces substances et les concentrations précises auxquelles ils sont exposés ne sont pas bien comprises. Ces travaux consistent à recueillir et à analyser des données sur l'exposition des pompiers tirées de la littérature scientifique, plus précisément des données de biosurveillance sur les concentrations des substances susmentionnées dans le sang des pompiers ou sur les concentrations des métabolites des substances dans leur urine. Les travaux consistent également à recueillir et à analyser les données publiées sur les niveaux des substances susmentionnées dans l'environnement de travail des pompiers, notamment sur les concentrations de substances dans la poussière des casernes de pompiers, dans l'air prélevé sur les lieux d'extinction des incendies et sur les surfaces de l'équipement de protection individuelle (EPI) des pompiers. Les données recueillies à ce jour confirment que le sang et l'urine des pompiers contiennent respectivement les substances toxiques prioritaires et les métabolites des substances toxiques. Elles démontrent aussi que les substances prioritaires sont présentes dans le milieu de travail des pompiers. Les données de biosurveillance sont comparées aux données tirées des enquêtes nationales de biosurveillance au Canada (Enquête canadienne sur les mesures de la santé) et aux États-Unis (National Health and Nutrition Examination Survey). La plupart des données qui portent sur les concentrations des substances prioritaires dans le milieu de travail des pompiers comprennent des données sur la contamination de la poussière dans les casernes de pompiers. Ces données sont comparées aux données mondiales sur la contamination de la poussière domestique. Les concentrations de substances toxiques dans l'air prélevé sur les lieux d'extinction des incendies sont comparées aux valeurs de contamination de l'air urbain. Les analyses de toutes les données recueillies sont en cours. Les résultats serviront de référence pour la conception d'une étude de biosurveillance de suivi chez les pompiers canadiens. (CP : Paul White et Rocio Aranda-Rodriguez [BSRSE] et Leona MacKinnon, Elyse Bernard, Peter Mochungong, Virginie Bergeron et Catherine Campbell [BERSE])

Effets sublétaux des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) sur l'escargot d'eau douce *Planorbella pilsbryi* et l'amphipode *Hyaella azteca*

La division responsable de l'évaluation des substances visées par la *Loi sur les aliments et drogues* (LAD), qui relève du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN), a été créée pour évaluer les risques potentiels pour l'environnement et la santé publique associés à l'exposition environnementale aux substances contenues dans les produits régis par la LAD, comme les médicaments à usage humain, les produits biologiques, les médicaments vétérinaires, les cosmétiques, les aliments nouveaux, les additifs alimentaires, les produits de santé naturels et les instruments médicaux. Les objectifs du projet de recherche étaient : 1) d'élaborer des méthodes d'extraction et d'analyse pour les ISRS suivants : citalopram, paroxétine, fluoxétine et sertraline; 2) d'effectuer une étude de devenir pour déterminer la stabilité des composés dans des aquariums de 6 litres et 3) de réaliser des études à court terme pour déterminer la toxicité du citalopram, de la paroxétine, de la fluoxétine et de la sertraline pour deux invertébrés d'eau douce indigènes, soit le planorbe *Planorbella pilsbryi* et l'amphipode *Hyaella azteca*. Pour atteindre ces objectifs, l'équipe a mis au point

des méthodes d'analyse des ISRS dans des échantillons aqueux, a soumis un mélange d'ISRS d'intérêt à une étude du devenir d'une durée de deux semaines et a entrepris des essais à court terme avec les produits chimiques individuels sur des embryons d'escargots et de jeunes amphipodes. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des substances figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) et des nouvelles substances présentes dans les produits réglementés par la LAD qui doivent être déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE). (CP : Jane Pappas, Dianne Hughes et Jean Grundy)

Caractérisation systématique et validation préliminaire de méthodes et de modèles d'essais à fondement génomique ne faisant pas appel à des animaux (*in vitro* et *ex vivo*) pour l'évaluation de l'innocuité des nanomatériaux

Au sens large, les nanomatériaux sont une classe de substances novatrices de fabrication humaine qui mesurent de 1 à 100 nanomètres (un nanomètre équivaut à un milliardième de mètre). Si les propriétés physico-chimiques liées à leur taille nanométrique rendent les nanomatériaux intéressants pour diverses applications dans des produits industriels et de consommation, ces mêmes propriétés peuvent compliquer l'évaluation de leur innocuité. Santé Canada est chargé de réglementer les produits contenant des nanomatériaux au Canada; cependant, il n'existe pas de stratégie efficace d'évaluation des risques ni d'outils appropriés pour évaluer la toxicité induite par les nanomatériaux. Bien que la norme de référence pour l'évaluation de la toxicité des substances comprenne des essais sur les animaux, il n'en demeure pas moins que ces essais exigent beaucoup de temps et de ressources, et que les méthodes fondées sur les animaux ne sont pas optimales pour les essais relatifs aux nanomatériaux. Par conséquent, l'objectif premier du projet consiste à définir et à optimiser des solutions de rechange aux essais sur les animaux (avec des cellules dérivées de tissus animaux ou humains), solutions qui sont déjà en cours d'élaboration à Santé Canada et dans d'autres organismes à l'échelle internationale, et à démontrer leur pertinence et leur sensibilité dans l'évaluation des réactions induites par les nanomatériaux dans des tissus animaux. Les outils optimisés seront utilisés pour produire des données toxicologiques qui permettront à Santé Canada d'effectuer une évaluation efficace des risques associés aux nanomatériaux. L'étude est réalisée en collaboration avec le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) de Santé Canada, et les résultats amélioreront la capacité du Ministère à évaluer et à gérer les risques d'effets néfastes découlant de l'exposition aux nanomatériaux présents dans les produits et l'environnement. (CP : Sabina Halappanavar)

Outils de méta-analyse et d'examen systématiques à l'appui des évaluations scientifiques

Les évaluations scientifiques exigent l'examen de grandes quantités de données de recherche en vue d'évaluer l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition et la réponse en question. Comme pour le processus d'évaluation, les examens systématiques officialisent le processus d'examen au moyen de la définition des données, de la détermination de leur pertinence, de leur évaluation critique et de leur extraction dans la littérature pertinente selon un protocole normalisé. Dans une méta-analyse, les résultats d'études individuelles sont regroupés de façon quantitative pour fournir une estimation globale quantitative de l'importance de l'association entre une exposition et la réponse. Les méta-analyses et les examens systématiques fournissent un résumé puissant du poids de la preuve qui pourrait être particulièrement utile pour évaluer l'existence d'un lien de causalité. Dans la présente étude, un protocole normalisé ainsi que des outils de gestion et d'analyse des données ont été mis au point et, comme cas d'essai, ces outils ont été appliqués aux données probantes tirées de 86 études reliant l'exposition à court terme au dioxyde d'azote (NO₂) à la morbidité par cardiopathie ischémique, et aux données probantes tirées de 76 études sur l'exposition à long terme et la mortalité connexe. Le regroupement des résultats de ces études révèle que l'exposition à court terme au NO₂ était associée de

façon significative à la morbidité par cardiopathie ischémique, alors que l'exposition à long terme au NO₂ était associée de façon significative à la morbidité toutes causes confondues ainsi qu'à la mortalité attribuable à des causes précises, dont les maladies cardiovasculaires, les maladies respiratoires et le cancer du poumon. Les données ont été jugées suffisantes pour conclure à un lien de causalité probable entre l'exposition à court terme au NO₂ et la morbidité par cardiopathie ischémique; elles ont également été considérées comme évocatrices d'un lien de causalité entre l'exposition à long terme au NO₂ et la mortalité connexe, mais insuffisantes pour conclure de façon définitive à l'existence d'un tel lien. Les résultats mettent en évidence la nécessité de mener d'autres recherches pour comprendre les mécanismes physiologiques par lesquels le NO₂ contribue à la morbidité et à la mortalité, et pour évaluer le rôle de facteurs confondants comme les autres polluants atmosphériques, le bruit et le stress. Les outils de synthèse devraient se révéler utiles dans les évaluations des risques futures. (CP : Dave Stieb)

[Analyse des effets des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine \(ISRS\) sur le poisson-zèbre \(*Brachydanio rerio*\)](#)

La division responsable de l'évaluation des substances visées par la *Loi sur les aliments et drogues* (LAD), qui relève du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN), a été créée pour évaluer les risques potentiels pour l'environnement et la santé publique associés à l'exposition environnementale aux substances contenues dans les produits régis par la LAD, et pour intégrer l'innovation scientifique dans les activités d'évaluation et de gestion des risques liés aux substances nouvelles. Onze ISRS qui figurent sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) ont été désignés comme étant prioritaires pour une évaluation des risques et ont été regroupés puisqu'ils ont le même mode d'action. Les objectifs de cette étude sont d'évaluer des modèles de poisson-zèbre qui, une fois combinés, pourraient fournir des renseignements sur l'exposition à long terme à cinq ISRS différents à des concentrations présentes dans l'environnement et sur les conséquences potentielles d'une telle exposition d'un point de vue global (systèmes). L'équipe a maintenant mis au point un modèle robuste qui met à l'essai de multiples paramètres physiologiques, dont la croissance, le comportement, la fécondité, la bioaccumulation et les changements dans l'expression génétique. Ces paramètres peuvent être utilisés pour évaluer la santé des jeunes poissons et des poissons adultes après l'exposition à des substances chimiques. Les données obtenues seront directement utilisées dans les évaluations environnementales des substances qui figurent sur la LRSC. Elles serviront également à déterminer la faisabilité d'un processus d'évaluation des risques cumulatifs pour les substances déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE), à l'appui de l'initiative du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) après 2020. (CP : Dianne Hughes; Jane Pappas; Jean Grundy)

[Incidence du comportement de dissolution des nanomatériaux d'oxyde métallique sur la réponse toxicologique](#)

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques associés aux nanomatériaux d'ingénierie (matériaux dont la taille est comprise entre 1 et 100 nanomètres). Le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) a accordé une priorité élevée aux nanomatériaux d'oxyde métallique dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC). Le comportement toxicologique des nanomatériaux est étroitement lié à leurs propriétés physico-chimiques distinctes. La présente recherche porte précisément sur l'incidence du comportement de dissolution des nanomatériaux sur leur potentiel toxique. L'expression « comportement de dissolution » englobe la solubilité et les changements dans la stabilité en suspension (p. ex. la taille, l'état d'agglomération et d'agrégation, la surface active et la charge superficielle) des nanomatériaux dispersés dans différents milieux aqueux. Bien que la solubilité des nanomatériaux soit reconnue comme étant l'une des principales propriétés à déterminer pour bien catégoriser le potentiel toxicologique de ces matériaux, il

n'existe aucune méthode d'essai normalisée de la solubilité des nanomatériaux. L'étude est axée sur huit groupes d'oxydes métalliques commercialisés au Canada, tels qu'ils ont été définis par le BECSN (cuivre, nickel, zinc, titane, fer, manganèse, cérium et aluminium). Bon nombre de ces oxydes sont utilisés dans des produits de consommation auxquels les Canadiens sont régulièrement exposés. L'étude vise à examiner la solubilité de huit nanomatériaux d'oxyde métallique et à en déterminer l'incidence sur la toxicité de ces matériaux, au moyen d'outils de toxicogénomique (pour étudier les changements dans l'expression de tous les gènes simultanément). De plus, les rejets dans l'environnement d'oxydes métalliques et de nanomatériaux métalliques utilisés dans l'industrie automobile (p. ex. oxydes de fer et platine) seront analysés à l'aide d'échantillons de poussières recueillis sur des autoroutes dans la ville de Toronto. Ces échantillons permettront d'établir un scénario d'exposition réaliste. Les résultats de la recherche proposée étayeront les évaluations des risques de Santé Canada et lui permettront de respecter ses engagements vis-à-vis du Groupe de travail sur les nanomatériaux manufacturés de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (CP : Pat Rasmussen; Sabina Halappanavar; Suzanne Beauchemin)

Modernisation de l'évaluation des risques : une méthode intégrée fondée sur les nouvelles approches méthodologiques pour la détection des produits chimiques potentiellement génotoxiques

Les nouvelles approches méthodologiques (NAM) désignent les méthodes et les analyses émergentes, considérées comme synonymes de méthodes de rechange, qui peuvent fournir des données pour l'évaluation des risques liés aux produits chimiques en l'absence de données toxicologiques classiques. À l'heure actuelle, des efforts considérables sont déployés à l'échelle internationale pour mettre au point des méthodes fondées sur les NAM qui fourniront des données sur les critères d'effet réglementaires. L'objectif du projet est d'appuyer l'application de données de génotoxicité *in vitro*, au moyen d'un nouveau cadre d'analyse et d'interprétation de données, dans les initiatives futures d'établissement des priorités et d'évaluation des risques quantitatifs relatifs aux produits chimiques organiques. L'évaluation reposera sur les résultats d'une batterie d'essais *in vitro* à haut débit qui sont en train d'être mis au point par des collaborateurs du Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale (BSRSE). La batterie d'essais comprend des versions à plus haut débit d'essais de génotoxicité bien établis, dont un certain nombre présentent des liens fonctionnels avec les lignes directrices sur les essais de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). La mise au point de cette méthode fondée sur les NAM commencera par l'évaluation de plus de 30 composés de référence riches en données au moyen des données de génotoxicité *in vitro* fournies par des collaborateurs étrangers. Une étude de cas approfondie est en cours afin d'examiner l'utilité de la méthode fondée sur les NAM pour l'évaluation des risques et le processus décisionnel réglementaire. Plus spécifiquement, l'extrapolation *in vitro-in vivo* sera couplée aux résultats d'essais pour établir des équivalents de dose administrée qui seront comparés aux estimations de l'exposition humaine et aux points de départ tirés des études traditionnelles chez l'animal. Une fois établie, cette méthode intégrée pourrait servir aux évaluations préalables courantes des produits chimiques et aux évaluations des risques à venir. (CP : Marc Beal [BERSE]; Paul White [BSRSE]).

Taux d'absorption des dispositifs d'échantillonnage personnels en silicone : validation du principe

Le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) vise à évaluer les risques que présentent des milliers de produits chimiques pour la santé humaine; toutefois, il existe des données sur l'exposition humaine à seulement une fraction de ces produits chimiques. À la lumière des cycles d'évaluation antérieurs, il est devenu évident que des modifications doivent être apportées au paradigme d'établissement des priorités pour améliorer l'efficacité de l'évaluation des produits chimiques et pour cerner les critères déclencheurs potentiels des évaluations futures. Beaucoup de travaux ont été faits sur le plan de l'analyse environnementale et de la biosurveillance, mais l'exposition personnelle a été négligée.

Contrairement à la biosurveillance, l'étude de l'exposition personnelle peut fournir des données de dosimétrie. L'utilisation de dispositifs d'échantillonnage passif (DEP) personnels est limitée aux composés qui peuvent être détectés dans l'environnement, mais généralement au bout de longues périodes d'échantillonnage : cela limite le temps de port de l'équipement et le nombre de sujets pouvant être suivis. Les dernières années ont vu un intérêt croissant envers l'utilisation de DEP en silicone pour surveiller l'air intérieur et l'eau. Dans une étude menée à l'Université d'État de l'Oregon, les chercheurs ont réussi à identifier un large éventail de produits chimiques qui avaient été absorbés par des bracelets en silicone portés par 22 participants. Cependant, les principales limites de l'étude publiée étaient l'absence de valeurs sur le taux d'absorption ainsi que le contact continu entre le bracelet en silicone et la peau, les surfaces et les vêtements. Sans taux d'absorption, il n'est pas possible d'appliquer à l'estimation de l'exposition ou de la concentration dans l'environnement les concentrations mesurées dans le bracelet en silicone, ce qui limite l'utilité de ces données pour l'évaluation des risques. Notre projet vise à combler les lacunes actuelles sur le plan des données relatives au taux d'absorption de divers matériaux absorbants, à savoir la silicone (utilisée dans des bracelets) et un nouveau matériau mis au point à l'Université d'État de la Caroline du Nord. Par ailleurs, des participants aux exercices d'entraînement des pompiers porteront les bracelets en silicone, de manière à ce que nous puissions évaluer leur exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). (CP : Rocío Aranda-Rodriguez).

[Utilisation de profils d'expression génique pour faciliter la lecture croisée de 24 SPFA d'intérêt prioritaire](#)

Les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA) forment une grande classe de produits chimiques d'origine anthropique qui sont présents un peu partout dans l'environnement en raison de la variété de leurs applications industrielles et commerciales, de leur persistance et de leur mobilité élevée. Des préoccupations ont été soulevées quant à la possibilité que l'exposition aux SPFA par les milieux naturels (p. ex. eau, sol) et les aliments entraîne des effets nocifs sur la santé, notamment des effets toxiques pour le foie et les reins, la hausse du cholestérol et le retard du développement des glandes mammaires. Bien qu'il existe de plus en plus de données sur la toxicité de l'acide perfluorooctanesulfonique (APFOS) et de l'acide perfluorooctanoïque (APFO), on en sait peu sur les nombreuses autres SPFA. Santé Canada considère l'analyse de la toxicité des SPFA comme une priorité de recherche. À ce jour, plus de 3 000 SPFA ont été identifiées; il est établi qu'on ne pourra pas toutes les analyser pour calculer des valeurs fondées sur des critères de santé. Par conséquent, Santé Canada a dressé la liste des 24 SPFA qui représentent le mieux les diverses compositions chimiques de l'ensemble des SPFA et, surtout, qui ont été observées dans l'eau potable canadienne ou qui peuvent être détectées dans l'eau potable. L'acquisition d'information sur les substances peu étudiées aux fins de l'évaluation des risques constitue un défi pour les organismes de réglementation partout dans le monde, y compris Santé Canada, en raison du coût et de la durée des méthodes d'étude toxicologique classiques. Pour accélérer l'évaluation des risques, les spécialistes internationaux de la toxicologie et de l'évaluation des risques ont réalisé des études de cas destinées à montrer l'utilité des nouvelles approches méthodologiques (NAM) pouvant réduire le coût et la durée de l'évaluation des substances chimiques. La présente recherche fait appel aux profils d'expression génique d'hépatocytes humains en culture pour faciliter l'évaluation de diverses SPFA. Les objectifs visés sont les suivants : 1) mettre en application les données sur l'expression génique pour produire de l'information sur les modes d'action des SPFA; 2) caractériser le comportement des SPFA dans les mélanges; 3) utiliser les données comme une étude de cas pour l'application de NAM à l'évaluation des risques. (CP : Carole Yauk; Ella Atlas)

Utilisation de nouvelles approches méthodologiques pour faciliter le classement de l'activité et l'évaluation du mode d'action de 25 bisphénols

Le bisphénol A (BPA) est un perturbateur endocrinien qui est une préoccupation d'ordre réglementaire et public. Il est interdit dans les produits destinés aux consommateurs, comme les biberons (au Canada) et le papier thermique (dans l'Union européenne). Ces interdictions ont favorisé l'utilisation de substances de remplacement du BPA, dont un grand nombre sont semblables sur le plan chimique. Le BPA et des substances de remplacement du BPA ont été mis à l'épreuve à l'aide de nouvelles approches méthodologiques (NAM) qui emploient des méthodes *in silico* et *in vitro*. Les effets du BPA sur les cellules sont principalement dus à son interaction avec les récepteurs des œstrogènes. Lorsqu'ils sont activés, les récepteurs des œstrogènes interagissent avec l'ADN et modifient l'expression génique. Les altérations de l'expression génique constituent donc le premier effet toxique du BPA sur les cellules qu'il est possible de mesurer de façon fiable. Dans le cadre de ces travaux, 25 substances de remplacement du BPA ont été analysées sur les points suivants : i) la toxicité systémique générale (sans égard aux dangers) qui ne permet pas de prédire les effets négatifs potentiels précis; ii) l'expression génique liée à la voie des récepteurs des œstrogènes. Les objectifs du projet de recherche sont : 1) d'exposer les cellules épithéliales mammaires humaines (cellules MCF7) à une large plage de doses de substances de remplacement du BPA; 2) de mesurer les modifications de l'expression génique; 3) de modéliser la relation dose-réponse et de classer l'activité de ces substances en comparaison avec le BPA et l'œstradiol; 4) de comparer ces résultats aux estimations actuelles tirées d'études *in vivo* (c.-à-d. sur les animaux). Ce faisant, une approche fondée sur le poids de la preuve combinant les prévisions *in silico* et les données *in vitro* sera utilisée pour caractériser les dangers potentiels et comparer les activités relatives parmi ce groupe de 25 substances. Ces données ont contribué à l'établissement d'une approche intégrée en matière d'essais et d'évaluation par le Groupe de travail sur l'évaluation des dangers de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), qui a pour objectif principal de faire avancer l'application des NAM dans la priorisation et l'évaluation des risques. (CP : Tara Barton-Maclaren [BERSE]; Ella Atlas [BSRSE])

Validation du modèle du poisson-zèbre (*Brachydanio rerio*) à titre de NAM *in vitro* dans l'évaluation du potentiel de perturbation du système endocrinien et de toxicité générale des substances chimiques

La division responsable de l'évaluation des substances visées par la *Loi sur les aliments et drogues* (LAD), qui relève du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN), a été créée pour évaluer les risques potentiels pour l'environnement et la santé publique associés à l'exposition environnementale aux substances contenues dans les produits régis par la LAD, et pour intégrer l'innovation scientifique dans les activités d'évaluation et de gestion des risques liés aux substances nouvelles. En 2018, compte tenu de la volonté de la communauté internationale de réglementation d'éliminer les essais sur les animaux dans l'évaluation des risques liés aux substances chimiques, Santé Canada, en collaboration avec le Conseil national de recherches Canada (CNRC), a entrepris des recherches pour mettre au point le modèle du poisson-zèbre comme solution de rechange potentielle au modèle du rongeur pour la génération de données destinées à l'évaluation des risques des substances chimiques. En utilisant 20 composés de test, l'objectif du projet de recherche est de mettre au point le modèle pour évaluer la toxicité générale à l'aide de biomarqueurs traditionnels (p. ex. changements morphologiques, tissulaires et comportementaux) et de nouveaux marqueurs, comme les changements dans l'expression génétique (transcriptomique). En outre, l'équipe de recherche a mis au point des méthodes visant à évaluer la cinétique de l'absorption, de la distribution, du métabolisme et de l'excrétion (ADME), et elle a évalué dix des vingt composés. Afin de développer davantage le modèle qui vise à évaluer la perturbation endocrinienne provoquée par les substances chimiques, l'équipe a conçu une plateforme à l'aide de marqueurs tissulaires traditionnels (mélatonine, cortisol,

norépinéphrine) et d'une évaluation des changements d'expression génétique réalisée au moyen de tests transcriptomiques. La collaboration avec la communauté internationale de la recherche et de la réglementation qui s'intéresse au poisson-zèbre est essentielle pour la réalisation des travaux. Les données résultantes seront utilisées pour valider les nouvelles approches méthodologiques (NAM) fondées sur le poisson-zèbre à titre d'outils de prédiction de la toxicité des substances qui doivent être déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE). Les données seront aussi utilisées pour favoriser les 3 R (réduction, raffinement ou remplacement des animaux dans les essais de toxicité) dans les évaluations des risques liés aux substances chimiques. (CP : Cindy Woodland; Jean Grundy)

Pesticides

Estimation des concentrations de pesticides dans les eaux d'inondation de champs de canneberges

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est chargée de réglementer les pesticides au Canada au titre de la *Loi sur les produits antiparasitaires* (LPA). La hausse de la production de canneberges au Canada s'est accompagnée d'une hausse des demandes d'homologation de pesticides destinés au traitement des canneberges. La production de canneberges est particulière, car elle combine des processus relativement humides et secs. Les champs de canneberges doivent être bien drainés, mais la plupart d'entre eux sont aussi inondés pour la récolte. Par conséquent, les champs de canneberges sont généralement étagés : de la tourbe recouvre une couche de sable installée au-dessus de tuyaux de drainage. Les canneberges ont besoin d'un sol très acide (pH de 4 à 5). En raison de leur forte teneur en carbone organique du sol, la désorption devient un facteur important à considérer, particulièrement après le vieillissement. Les méthodes couramment utilisées pour déterminer les concentrations estimées dans l'environnement (CEE) des pesticides pénétrant dans les eaux de surface par ruissellement à partir de terres agricoles ne permettent pas de calculer les concentrations dans les eaux d'inondation des champs de canneberges. L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) a mis au point un modèle simple pour estimer les concentrations de pesticide dans les eaux d'inondation de champs de canneberges et les eaux de drainage suivant une inondation. Ce modèle s'appuie sur les calculs décrits dans les modèles Variable Volume Water Model (VVWM) et Pesticides in Flooded Agriculture (PFAM) de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. Il tient compte de la dégradation dans le sol et les eaux d'inondation, du transfert des pesticides du sol aux eaux d'inondation et de la présence des pesticides dans les eaux de drainage suivant une inondation, et prévoit l'acheminement des eaux d'inondation à travers plusieurs champs de canneberges. Par ailleurs, en utilisant l'azoxystrobine et le chlorantraniliprole comme pesticides représentatifs en collaboration avec une cannebergière, l'ARLA a mené des essais de sorption et de désorption en laboratoire et analysé des échantillons de sol et d'eau tout au long de la saison de croissance de 2019. Des échantillons d'eau ont été prélevés tous les jours pendant les inondations; des échantillonnages ont aussi été faits dans les tuyaux de drainage pendant la croissance et après les inondations. Le modèle a été mis à l'épreuve à l'aide des paramètres de désorption et des concentrations de pesticides dans le sol mesurés avant l'inondation. Des valeurs par défaut – c'est-à-dire les mêmes que celles utilisées dans les modèles VVMM et PFAM pour les estimations dans les eaux de surface – ont été appliquées aux autres paramètres du modèle. Les transferts de pesticide de la zone traitée aux eaux d'inondation prédits par le modèle étaient comparables à ceux mesurés au champ. (CP : I. Kennedy, L. Gui, C. Hart)

Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada : résultats d'une analyse pluriannuelle sur l'absorption cutanée

En collaboration avec plusieurs parties intéressées, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada a participé à une analyse pluriannuelle sur l'absorption cutanée. Cette initiative a, dès le départ, permis de rédiger un exposé de principes sur le recours aux données d'absorption cutanée tirées d'études *in vitro* dans les évaluations des risques sanitaires. L'exposé de principes décrit la méthode qui permet d'estimer un facteur d'absorption cutanée pour l'humain en combinant les données de trois types d'études (études *in vitro* chez le rat, études *in vivo* chez le rat et études d'absorption cutanée *in vitro* chez l'humain) aux fins d'évaluation des risques sanitaires. L'initiative s'est poursuivie avec la rédaction d'une ligne directrice simplifiée pour les essais d'absorption cutanée *in vivo*, dans laquelle est expliqué comment réduire le recours aux animaux et les coûts associés à cette pratique tout en préservant l'intégrité scientifique et l'utilité de ces essais à des fins d'évaluation des risques. Après la normalisation des exigences en matière de données, la qualité des études présentées s'est améliorée, ce qui a ainsi permis à l'ARLA et à des experts d'entreprendre une analyse rétrospective. Les résultats de cette analyse, publiés dans la revue *ALTEX: Alternatives to Animal Experimentation*, démontrent que des données obtenues dans une étude *in vitro* peuvent remplacer l'exigence d'usage relative à la présentation de données tirées d'une étude *in vivo* pour estimer l'absorption cutanée. (CP : K. Irwin, S. Ramji)

Efficacité d'un modèle de bande de végétation filtrante pour la réduction des pesticides dans le ruissellement de surface

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est chargée de réglementer les pesticides au Canada au titre de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. L'étiquette de tous les produits pouvant être utilisés à l'extérieur comporte des directives générales visant à réduire le ruissellement des pesticides en provenance de zones traitées vers des habitats aquatiques, sauf dans le cas des utilisations homologuées qui ne devraient entraîner aucune exposition liée au ruissellement (p. ex. appâts pour insectes, serres). L'ARLA reconnaît que les bandes de végétation filtrante (BVF) ont le potentiel de protéger les organismes aquatiques dans les plans d'eau contre l'exposition à certains pesticides causée par le ruissellement. Les BVF sont des bandes gazonnées non cultivées (qui peuvent comprendre des arbustes, des arbres et d'autres formes de végétation) situées entre des zones traitées et des plans d'eau. Un modèle de simulation informatique de BVF a été intégré dans les modèles actuellement utilisés pour estimer les expositions aux pesticides dues au ruissellement. La capacité de modéliser l'efficacité des BVF permet de réaliser des évaluations initiales rapides qui sont beaucoup moins longues et coûteuses que les études au champ. Les simulations informatiques, qui estiment l'efficacité d'une BVF pour la réduction du ruissellement des pesticides dans un éventail de régions agricoles du Canada, ont montré que la largeur de la bande et les caractéristiques du sol sont des facteurs importants. Il est recommandé sur l'étiquette de la plupart des pesticides à usage commercial et domestique utilisés à l'extérieur d'aménager une BVF entre la zone traitée et la rive d'un plan d'eau afin de réduire la contamination par le ruissellement. Pour certains pesticides, l'étiquette des produits à usage commercial exige l'installation d'une BVF d'une largeur d'au moins 10 mètres entre le bord du champ et les habitats aquatiques adjacents en aval pour protéger les organismes aquatiques contre le ruissellement des pesticides. La décision d'exiger une BVF sur l'étiquette de certains produits s'appuie sur les propriétés physico-chimiques des pesticides. À l'heure actuelle, la présence d'une BVF n'est pas prise en compte dans l'évaluation de la quantité de pesticide pouvant s'introduire dans les sources d'eau potable. (CP : J.N. Westgate, M. Whiteside)

Amélioration des évaluations des risques sanitaires pour les travailleurs exposés à des pesticides en serre

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est l'organisme fédéral qui réglemente les pesticides au Canada et applique la *Loi sur les produits antiparasitaires*, qui prévoit le cadre législatif de ces produits et les politiques correspondantes. Les documents d'orientation de l'ARLA décrivent quant à eux les exigences en matière de données permettant de déterminer l'innocuité de ces produits pour la santé humaine et pour l'environnement ainsi que leur valeur lorsqu'ils sont utilisés conformément au mode d'emploi figurant sur l'étiquette. Seuls les produits antiparasitaires dont les risques se sont révélés acceptables sont homologués à des fins d'utilisation au Canada, y compris les produits utilisés dans les serres. Après l'application d'un pesticide sur une culture en serre, les travailleurs peuvent être exposés par contact aux résidus de pesticide présents sur les plants cultivés lors d'activités manuelles effectuées après traitement, comme la taille, l'éclaircissage et la récolte. Par conséquent, l'ARLA a collaboré avec le Centre de la lutte antiparasitaire d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et l'industrie afin d'étudier la possibilité de fixer un taux journalier et normalisé qui tient compte de la dissipation des résidus en serriculture. La valeur de ce taux de dissipation serait ensuite appliquée aux évaluations des risques des pesticides visant les travailleurs de serres, dans le but d'évaluer le plus exactement possible l'exposition associée à l'application d'un pesticide sur des plantes ornementales ou des cultures de légumes. Cette valeur est déterminante pour calculer la période de temps qui doit s'écouler avant qu'un travailleur ou une travailleuse puisse accomplir manuellement les tâches nécessaires dans les cultures traitées, et ce, sans danger pour la santé. (CP : K. Parsons; J. Selwyn; C. Moase)

Données sur l'exposition fournies par des groupes de travail utilisées à des fins réglementaires

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est l'organisme fédéral qui réglemente les pesticides au Canada et applique la *Loi sur les produits antiparasitaires*, qui prévoit le cadre législatif de ces produits et les politiques correspondantes. Les documents d'orientation de l'ARLA décrivent quant à eux les exigences en matière de données permettant de déterminer l'innocuité de ces produits pour la santé humaine et pour l'environnement ainsi que leur valeur lorsqu'ils sont utilisés conformément au mode d'emploi figurant sur l'étiquette. Seuls les produits antiparasitaires dont les risques se sont révélés acceptables sont homologués pour utilisation au Canada. Les exigences en matière de données établies par l'ARLA pour les évaluations des risques sanitaires comprennent des études qui évaluent le degré et la nature de l'exposition de populations humaines particulières aux pesticides, notamment les travailleurs et travailleuses et les enfants. La présentation d'études sur l'exposition propre au produit chimique respecte ces exigences. Il est également possible de recourir aux méthodes scientifiques qui approuvent l'usage des études sur l'exposition à un pesticide unique, comme les études sur l'exposition des utilisateurs, dans le cadre de l'évaluation générique de nombreux principes actifs de pesticides. Les données génériques sur l'exposition sont calculées pour la plupart par des experts en la matière qui ont également créé des groupes de travail sur le sujet. Tout au long du processus, les organismes de réglementation ont la possibilité de contribuer aux divers protocoles dans un esprit de collaboration scientifique. Le résultat obtenu en définitive est une importante base de données exhaustives et modernes qui s'est révélée des plus efficaces pour réunir les données exigées à l'appui de l'homologation des pesticides. Les organismes de réglementation comme l'ARLA peuvent maintenant se servir de ces études au lieu des données propres au produit chimique, le cas échéant. (CP : C. Vizena, T. Satchwill, S. Ramji, I. Pilote)

Compte rendu sur la démarche de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire pour les essais non réalisés sur des animaux

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est l'organisme fédéral qui réglemente les pesticides au Canada. L'examen réglementaire des pesticides, au Canada comme

ailleurs dans le monde, repose principalement sur des études réalisées avec des animaux. Sont apparues au fil des ans d'autres méthodologies ne recourant pas à l'expérimentation animale dans le but de réduire, d'améliorer ou de remplacer les études existantes qui font usage d'animaux. Au Canada, le cadre appliqué à la réglementation des produits antiparasitaires est d'une souplesse telle qu'il permet l'incorporation d'autres méthodes validées, par exemple de modèles *in silico* fondés sur les relations quantitatives structure-activité (QSAR), les approches intégrées en matière d'essais et d'évaluation (IATA) et les voies menant à des effets nocifs, de même que les approches méthodologiques Tox21 et RISK21. Récemment, la question des nouvelles approches méthodologiques (NAM) est aussi passée au premier plan, ce qui a relancé le débat sur la vitesse à laquelle sont incorporées diverses autres méthodes aux processus de réglementation existants à l'égard des produits chimiques, dont les pesticides. Reconnaissant de manière générale que ces approches accentuent la portée des lignes directrices de nature technique actuellement reconnues à l'échelle internationale, comme celles de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada s'est engagée à continuer de participer activement aux nombreuses initiatives permanentes avec les parties intéressées. Vu l'importance de la sécurité et de la protection des individus, il est de mise, avant d'envisager toutes autres approches, d'analyser scientifiquement et scrupuleusement ces méthodes pour faciliter leur incorporation à des fins réglementaires. (CP : Y. Bhuller, D. Ramsingh)

Produits pharmaceutiques

PSQM : Un programme qui surveille la qualité des produits pharmaceutiques sur le marché canadien

Dans le cadre du mandat de Santé Canada visant à assurer la sécurité sanitaire des Canadiens, chaque année, le programme des laboratoires des produits de santé (PS) collecte et teste les produits pharmaceutiques qui ont un numéro d'identification de médicament (DIN) dans le cadre du Programme de surveillance de la qualité des médicaments (PSQM). Le but du PSQM est d'assurer la qualité des produits pharmaceutiques sur le marché canadien. Les objectifs du programme sont de tester la qualité du produit et les méthodes utilisées par l'entreprise pour contrôler la qualité du produit. En plus d'assurer la sécurité sanitaire des Canadiens, le PSQM est obligatoire pour remplir notre obligation en vertu de l'accord de reconnaissance mutuelle avec d'autres pays. Ce programme teste ces produits depuis des décennies et dernièrement, la sélection des produits à tester comprend une approche améliorée basée sur le risque. L'approche moderne fondée sur le risque tient compte des produits nouvellement commercialisés (75 %), des renseignements sur les risques fournis par les partenaires (15 %) et de la sélection aléatoire (10 %), ce qui est important pour garantir que tous les produits DIN commercialisés peuvent être échantillonnés et testés. Il couvre les facteurs de risque qui sont cachés ou qui ne sont pas explicitement inclus dans les autres modèles. Ce nouveau modèle est similaire au programme *Drug Quality Sampling and Testing* (DQST) de la FDA américaine et inclut les pratiques de l'Agence européenne de l'évaluation des médicaments (EMA). Au cours des sept dernières années, les laboratoires ont testé plus de 580 produits finis et ingrédients pharmaceutiques actifs. Lorsqu'un produit présente une déficience (5 % d'entre eux), nous travaillons en étroite collaboration avec les inspecteurs de la ROEB pour mettre en œuvre des activités de conformité et d'application. Les laboratoires de produits de santé reçoivent du financement via recouvrement de coûts (DELS) en appui à la priorité ministérielle sur les produits pharmaceutiques (CP : Josée Trudel)

Étude interlaboratoire de la détermination des composés nitroso dans les médicaments inhibiteurs des récepteurs de l'angiotensine II (ARA)

Santé Canada et ses partenaires internationaux en matière de réglementation ont pris connaissance de niveaux élevés d'impuretés de nitrosamine dans des produits bloqueurs des récepteurs de l'angiotensine II (ARA) (qui détendent les veines et les artères pour abaisser la pression artérielle) dans la chaîne d'approvisionnement mondiale. Depuis, des impuretés de nitrosamine ont été trouvées dans plusieurs autres médicaments sur le marché canadien, notamment la ranitidine, la metformine, la varénicline, l'amitriptyline, etc. Les nitrosamines étant généralement considérées comme très toxiques, leur présence dans les produits pharmaceutiques à usage humain constitue une préoccupation majeure pour les organisations de réglementation internationales. Par exemple, l'impureté nitrosamine N-nitrosodiméthylamine (NDMA) qui a été détectée au-dessus des limites acceptables dans de multiples produits sur le marché canadien est classée comme « probablement cancérogène pour l'homme ». Cette étude a été proposée par la FDA américaine et a été présentée au *Nitrosamine International Strategic Group* (NISG). Six laboratoires de différents pays (Australie, Suisse, Irlande, France, Allemagne, États-Unis et Canada) ont accepté de participer à l'étude. Le but de l'étude est que chaque laboratoire participant teste un ensemble identique d'échantillons en utilisant ses propres méthodes d'analyse afin de : i) évaluer la variation observée dans les résultats générés par leurs différentes méthodes d'analyse; ii) identifier les facteurs qui contribuent à ces variations, et; établir des critères de performance pour mesurer les nitrosamines dans les médicaments ARA. Les résultats de cette étude aideront les fabricants de produits pharmaceutiques et la communauté réglementaire à développer des méthodes sensibles, précises et robustes (ou à améliorer les méthodes actuelles) pour tester les impuretés toxiques de type nitrosamine dans potentiellement tout produit pharmaceutique humain. Par conséquent, ce projet est directement lié au mandat de Santé Canada et vise à prévenir et à réduire les risques pour la santé en aidant à garantir que les méthodes d'analyse des nitrosamines conviennent à l'usage auquel elles sont destinées. Les laboratoires de produits de santé reçoivent du financement via recouvrement de coûts (DELS) en appui à la priorité ministérielle sur les produits pharmaceutiques. (CP : Yi Su)

Confirmation rapide du *Burkholderia cepacia* complexe par méthode moléculaire

Un des mandats de Santé Canada est d'être un chef de file en matière de conformité et d'application de la loi qui informe et protège les Canadiens contre les risques pour la santé associés aux produits, aux substances et à l'environnement, incluant surveillance post-commercialisation effectuée au sein des laboratoires de chimie et microbiologie. Dans les dernières années, des rappels de produits de santé ont été effectués au Canada et aux États-Unis suite à des contaminations microbiennes par un groupe de bactérie appelé le *Burkholderia cepacia* complex (Bcc). Bcc est un groupe de bactéries vivant dans l'environnement (sol, eau, plantes). Les souches membres de ce complexe peuvent être des pathogènes opportunistes affectant principalement les individus immunosupprimés, spécialement les gens atteints de fibrose kystique. Le complexe Bcc comprend jusqu'à maintenant 23 espèces très proches génétiquement. Les membres du groupe Bcc sont capables de former des biofilms, sont résistants aux désinfectants et sont des contaminants fréquents des systèmes d'eau. Ils sont donc problématiques pour les produits pharmaceutiques liquides. Aucune méthode rapide n'avait encore été développée pour détecter ces microorganismes dans les produits de santé. Le projet du laboratoire de microbiologie consistait à valider un protocole de confirmation rapide par méthode moléculaire (PCR) des isolats membres du *Burkholderia cepacia* complex. La méthode a été testée et validée sur 59 isolats provenant de diverses sources cliniques et environnementales. La méthode développée sera soumise pour publication scientifique. Le laboratoire de microbiologie reçoit du financement via recouvrement de coûts (DELS) et par base-A en appui aux priorités ministérielles relatives aux médicaments pharmaceutiques, aux produits de santé naturels et au cannabis (CP : Karine Lebel)

Radioprotection

Une meilleure compréhension de la dosimétrie du radon par la caractérisation des aérosols dans l'air intérieur et la simulation informatique

L'exposition au radon est la deuxième cause de cancer du poumon après le tabagisme. Bien que les lignes directrices relatives à l'exposition au radon dans les habitations soient exprimées en concentration de gaz radon, ce sont en fait les descendants à vie courte du radon qui déposent la majeure partie de l'énergie contribuant à la dose de rayonnement. La majorité des descendants du radon se fixent aux particules, puis se déposent dans les poumons; ils sont donc assujettis à la concentration des particules et à leur distribution granulométrique. La présente étude comprendra la prise de mesures des caractéristiques des aérosols dans l'air intérieur qui présentent un intérêt pour la dosimétrie du radon, comme la concentration des descendants du radon, le facteur d'équilibre, la fraction libre et la distribution granulométrique des descendants du radon. Ces paramètres caractéristiques seront utilisés conjointement avec un outil de simulation informatique de dosimétrie du radon pour calculer la dose de rayonnement reçue par les poumons. Les connaissances découlant du présent projet amélioreront notre capacité d'évaluer la dose de rayonnement émis par le radon en milieu résidentiel et le risque connexe. (CP : Baki Sadi)

Évaluation de l'incertitude au moyen de deux techniques de modélisation différentes visant à estimer la rentabilité des mesures d'atténuation du radon dans les habitations existantes au Canada

L'exposition de longue durée au radon est la deuxième cause de cancer du poumon après le tabagisme. Au Canada, en 2016, il a été estimé que le taux de décès par cancer du poumon attribuable au radon chez les non-fumeurs était de 34 pour cent chez les femmes et de 27 pour cent chez les hommes. Une analyse antérieure avait démontré que les mesures d'atténuation des concentrations élevées de radon dans les habitations existantes combinées aux mesures de diminution de l'infiltration du radon dans les nouvelles habitations ne sont rentables que lorsque les concentrations de radon régionales sont élevées; par conséquent, il a été jugé important d'évaluer la sensibilité de l'estimation du rapport coût-efficacité pour déterminer le facteur d'incertitude. L'analyse coût-utilité est une analyse secondaire qui incorpore de nombreux ensembles de données publiés différents permettant de modéliser les coûts et les avantages d'une intervention pour la santé. La présente analyse avait pour objet d'évaluer l'incertitude associée aux estimations de la rentabilité des interventions visant à réduire les concentrations de radon dans les habitations existantes seulement, selon le modèle retenu, les taux de détection et d'atténuation du radon dans les habitations existantes, le taux de renouvellement du parc résidentiel et la répartition du nombre de résidents par habitation. Les résultats révèlent qu'une augmentation des taux de détection et d'atténuation du radon dans les habitations existantes permettrait d'améliorer la rentabilité des interventions. Les estimations n'étaient pas sensibles au modèle retenu, ni au taux de renouvellement du parc résidentiel, ni à l'augmentation du nombre de ménages d'une personne et à la diminution du nombre de ménages de deux personnes déclarés récemment au Canada. Les résultats de l'étude viennent renforcer les recommandations à l'intention des propriétaires d'habitation selon lesquelles il faut procéder à la détection du radon et prendre des mesures pour réduire les concentrations élevées de radon dans les habitations existantes. De plus, les options stratégiques et de communication de ces résultats au public seront étudiées pour augmenter les taux de détection et d'atténuation du radon en encourageant les propriétaires à procéder à la détection du radon et, au besoin, à prendre les mesures correctives nécessaires. (CP : Janet Gaskin, CRN; Jeff Whyte, Université d'Ottawa; Doug Coyle)

Élaboration d'un essai de dosimétrie biologique

Santé Canada a pour mandat d'appuyer les interventions en cas d'urgence et le Plan national de dosimétrie biologique, qui est lié au Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN). En cas d'événement nucléaire ou radiologique, il est essentiel de repérer rapidement les personnes exposées qui doivent faire l'objet d'un traitement médical et les premiers intervenants qui doivent être protégés d'une exposition supplémentaire. Même dans le cas d'un événement de moindre envergure, bien des citoyens préoccupés souhaiteront faire mesurer leur exposition au rayonnement. La mesure de la dose de rayonnement porte le nom de dosimétrie, et lorsqu'on mesure la dose d'une matière biologique, on parle de dosimétrie biologique. La présente étude vise à concevoir les méthodes d'imagerie par cytométrie en flux pour la dosimétrie biologique à haut débit. Par ailleurs, on examine actuellement la possibilité d'utiliser un certain nombre de paramètres génomiques, protéomiques et métabolomiques comme de nouveaux biomarqueurs des dommages causés par les rayonnements pour estimer la dose de rayonnement ionisant absorbée par un sujet. (CP : Lindsay Beaton)

Évaluer l'impact des nouvelles stratégies de communication de l'information sur les risques pour la santé du radon, les tests de dépistage et les mesures d'atténuation à la population plus jeune du Canada

Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens à propos du risque pour la santé lié au radon. La présente étude, menée par Evict Radon, comprend l'élaboration, l'exécution et l'évaluation de plusieurs nouvelles stratégies de communication conçues pour renforcer la sensibilisation à l'égard du radon, promouvoir les tests de dépistage et encourager les mesures d'atténuation du risque lié au radon pour les Canadiens âgés de 25 à 38 ans. Les données probantes laissent entendre que les stratégies de sensibilisation actuelles à l'égard du radon ne rejoignent pas efficacement les jeunes Canadiens. Les données recueillies dans le cadre d'études antérieures indiquent que les tactiques de communication, comme les approches fondées sur les médias imprimés ou le cycle médiatique fonctionnent bien avec les groupes d'âge plus âgés, mais peu avec les populations plus jeunes (personnes âgées de 25 à 38 ans). Une meilleure stratégie de communication pour ces groupes démographiques est nécessaire pour aider Santé Canada à accroître l'efficacité de ses campagnes d'éducation et de sensibilisation liées au radon. La population plus jeune du Canada est plus susceptible de répondre à des conseils obtenus par des recommandations entre pairs, présentés par le biais d'histoires transitoires et de publications sur les plateformes de médias sociaux. Au moins trois stratégies de communication différentes feront l'objet de projets pilotes au cours de l'automne 2020 et 2021. Pour chaque stratégie de communication, des données relatives à la prise de conscience, aux aspects psychosociaux et aux comportements seront compilées, et une enquête démographique détaillée des participants sera réalisée. Cette étude contribuera à la tâche continue d'informer les Canadiens sur les risques pour la santé liés au radon. Elle contribuera également à concevoir des campagnes de sensibilisation à l'avenir. (CP : Madison Pecoskie; Evict Radon, Dr. Godarzi University of Calgary)

Recherche sur le radon : évaluation des stratégies d'atténuation du radon dans l'environnement canadien

L'exposition au radon dans l'air intérieur est la principale cause de cancer du poumon chez les non-fumeurs et la deuxième cause de cancer du poumon chez les fumeurs. Le radon s'infiltré dans les résidences sous la forme d'un gaz et se désintègre rapidement en plusieurs radio-isotopes à courte durée de vie. Santé Canada et le groupe de la ventilation et de la qualité de l'air intérieur du portefeuille Construction du Conseil national de recherches Canada (CNRC) collaborent étroitement à un certain nombre d'études d'atténuation du radon. Les travaux en cours consistent à examiner l'efficacité des colonnes de dépressurisation passive dans des installations d'essais spécialisées et dans des résidences (études sur le terrain). Les résultats préliminaires, y compris les données des études sur le terrain menées dans la région de la capitale nationale, indiquent que ces colonnes permettent de réduire efficacement la concentration de radon dans les conditions d'essais. Dans le cadre de la présente

recherche, des études sur le terrain seront réalisées dans diverses régions du Canada pour analyser les répercussions de différents facteurs climatiques (p. ex. température intérieure et extérieure, humidité relative, pression d'air) ainsi que de différentes conditions géographiques et méthodes de construction sur l'efficacité des colonnes. Les analyses seront réalisées pendant l'été et l'hiver. La présente recherche est compatible avec les normes et les directives nationales en matière d'atténuation du radon, et elle fournira des renseignements essentiels pour les futures révisions du *Code national du bâtiment*. (CP : Zhou Liang Grace [CRN]; Michel Gauthier [RPB]; Adelene Gaw [RPB])

Projet de renforcement des capacités d'analyse nucléo-légale dans l'atmosphère (PRCANA)

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Dans un esprit de collaboration dont le but est d'améliorer la capacité du Canada de déduire l'origine et la nature des activités nucléaires mondiales, huit institutions partenaires ont lancé un projet à volets multiples pour combler les lacunes relatives aux capacités d'analyse nucléo-légale du Canada. Dans le cadre du projet PRCANA, Santé Canada dirige le volet de mesure et d'instrumentation dont le but est de mettre en place des systèmes de détection de rayonnement de pointe dans trois laboratoires différents, chacun se spécialisant dans la mesure de types spécifiques de radioactivité. Ces systèmes sont : 1) un système à détecteurs multiples spécialisé dans la mesure des gaz rares radioactifs (Santé Canada); 2) un système à double détecteur visant à démêler les signaux complexes des matières nucléaires spéciales (laboratoire de la Commission canadienne de sûreté nucléaire [CCSN]); 3) un système à double détecteur situé au laboratoire de l'Observatoire des neutrinos de Sudbury (SNOLAB), dont l'emplacement souterrain profond permet la détection d'infimes traces de radioactivité. Ces systèmes visent à repousser les limites de détection des radio-isotopes rares qui révèlent la survenue d'un événement nucléaire et à fournir des informations cruciales sur la nature licite ou illicite des activités sous-jacentes. Ces avancées amélioreront considérablement la capacité du Canada de surveiller les signes d'activité nucléaire, ce qui permettra à Santé Canada de s'acquitter de son mandat qui consiste à protéger les Canadiens contre les risques d'exposition au rayonnement posés par les menaces nucléaires mondiales. Elles permettront également de satisfaire les obligations de Santé Canada imposées par le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires. (CP : Pawel Mekarski [Santé Canada]; Nadereh St-Amant [CCSN]; Jeter Hall [SNOLAB])

Biomarqueurs de l'exposition à de faibles doses de rayonnement ionisant

Santé Canada intervient sur demande, en tant que conseiller principal dans le domaine de la santé pour les autres ministères et organismes fédéraux sur les questions de santé publique et de sécurité au travail qui touchent la radioprotection dans le cadre du mandat de Santé Canada de protéger la santé et à la sécurité des Canadiens. Le Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation (BPRPCC) effectue des recherches pour appuyer les conseils formulés par Santé Canada sur les effets des rayonnements sur la santé, lesquelles se fondent sur des données scientifiques de pointe. À l'heure actuelle, il est présumé que les risques pour la santé liés à l'exposition aux rayonnements sont linéairement proportionnels à la dose et qu'il n'existe pas de valeur seuil. Toutefois, les données scientifiques des dernières décennies indiquent clairement que la présence d'effets biologiques et de risques connexes pour la santé humaine est incertaine aux doses inférieures à 50 - 100 mGy. Il en va de même pour les effets des rayonnements (exposition aiguë ou chronique, doses faibles ou élevées, doses variées). Des incertitudes persistent également concernant les effets des rayonnements de différentes qualités sur une variété d'organes et de tissus, ainsi que les mécanismes par lesquels ils provoquent des lésions cellulaires pouvant aboutir au cancer et à d'autres résultats néfastes. Il est largement reconnu que de nouvelles recherches mécanistes sont nécessaires pour réduire ou éliminer les incertitudes entourant les faibles doses. La présente étude, qui s'intéresse aux

effets biologiques des rayonnements à faible dose, s'appuie sur les « sciences omiques » (p. ex. protéomique, génomique), qui ont fait leurs preuves en recherche biologique pour produire de nouvelles connaissances sur la forme des relations dose-réponse. L'étude vise à cerner les voies mécanistiques principales et les doses seuils auxquelles ces voies sont activées, ainsi qu'à définir les variations attribuables à la qualité des rayonnements et au type de tissu biologique. Les résultats alimenteront les activités de détermination de la voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables dus au rayonnement ionisant. Une meilleure compréhension fournira un fondement biologique valable pour faire des estimations fiables des risques pour la santé, qui sont essentielles à l'efficacité de tout système de radioprotection. (CP : Vinita Chauhan)

Analyse coût-efficacité des interventions visant à réduire l'exposition au radon en milieu résidentiel au Canada

Le radon inhalé présente un risque pour la santé humaine, et l'exposition de longue durée au radon est la deuxième cause de cancer du poumon après le tabagisme. La présente étude avait pour but d'estimer le rapport coût-efficacité différentiel de la mise en œuvre de scénarios pratiques visant à atténuer l'exposition au radon en milieu résidentiel pour la population de chaque province et territoire et des 17 régions métropolitaines de recensement en 2012 au Canada. Seize scénarios d'intervention ont été utilisés pour comparer les mesures d'atténuation de l'exposition au radon mises en œuvre à des degrés différents dans des habitations neuves ou existantes avec les mesures préventives installées au moment de la construction, à l'aide de trois seuils d'atténuation de l'exposition au radon. Une analyse fondée sur la table de mortalité du moment, une analyse des données secondaires, a été réalisée au moyen des données tirées de deux enquêtes canadiennes récentes sur le radon, ainsi que des données sur la mortalité et la qualité de vie au Canada. L'analyse a été effectuée selon un horizon temporel à vie et un taux d'actualisation de 1,5 pour cent. Les résultats de l'étude indiquent que les mesures de diminution des infiltrations de radon dans les nouvelles constructions sont rentables dans l'ensemble du Canada et que l'élargissement des interventions de manière à atténuer les concentrations de radon élevées dans les habitations existantes est également rentable lorsque les concentrations de radon régionales sont élevées. Les renseignements de la présente étude sur le coût par unité de gain en santé estimé découlant d'une intervention seront utilisés pour établir les stratégies prioritaires de diminution du fardeau lié au cancer du poumon causé par le radon au Canada. (CP : Janet Gaskin; CNRC : Jeff Whyte; Université d'Ottawa : Doug Coyle, Nicholas Birkett, Daniel Krewski)

Mise au point d'un dosimètre de référence permettant de distinguer la contribution des neutrons de celle des autres composantes du rayonnement cosmique

Le Bureau de la radioprotection (BRP) s'emploie depuis longtemps à promouvoir la santé des Canadiens et à les protéger contre l'exposition au rayonnement ionisant au quotidien dans leurs milieux de vie et de travail. Depuis près de deux décennies, le BRP exploite un réseau de surveillance en poste fixe (SPF) lui permettant d'assurer la surveillance de l'exposition au rayonnement et des risques connexes pour la santé associés aux sources de rayonnement anthropiques et naturelles. Le réseau se compose de plus de 70 dosimètres spectroscopiques gamma à l'iodure de sodium (NaI) de 3 pouces sur 3 pouces situés un peu partout au pays, et le spectre énergétique enregistré de moins de 3 MeV sert à la détection du rayonnement et à l'estimation des doses. On a récemment étudié la possibilité d'utiliser le réseau SPF comme système de surveillance des doses de rayonnement cosmique à l'aide d'un taux de comptage enregistré supérieur à 3 MeV. Les comptes observés à divers emplacements de SPF étaient bien corrélés aux doses de rayonnement cosmique théoriques qui incluent les effets du cycle solaire et les effets géographiques. Le résultat semble indiquer que le réseau SPF, s'il est bien étalonné, peut être utilisé pour surveiller non seulement le rayonnement terrestre, mais aussi le rayonnement cosmique. Pour pouvoir être utilisé comme système de surveillance des doses de rayonnement cosmique, le réseau SPF

doit faire l'objet d'un étalonnage expérimental au moyen d'un dosimètre de référence. À cette fin, il est proposé d'avoir recours à un compteur proportionnel équivalent au tissu biologique (TEPC) comme dosimètre de référence pour étalonner le taux de comptage du rayonnement cosmique enregistré au moyen du réseau SPF selon le débit de dose $H^*(10)$. Le TEPC est largement utilisé pour l'estimation de la dose de rayonnement cosmique à haute altitude (p. ex. au niveau de l'aviation commerciale ou de la station spatiale internationale) et est en mesure de distinguer la contribution des neutrons de celle des autres composantes du rayonnement cosmique. À titre de dosimètre de référence, l'instrument TEPC lui-même doit être étalonné en fonction de divers scénarios d'exposition (rayons gamma, neutrons, champ mixte, champ de neutrons à haute énergie, etc.). Une fois étalonné, l'instrument TEPC sera utilisé pour prendre des mesures côte à côte au moyen des détecteurs du réseau SPF afin d'étalonner les taux de comptage. Il a été utilisé dans le cadre d'un relevé par bateau pour comparer et étalonner plusieurs types de détecteurs. (CP : Weihua Zhang)

Élaboration d'une voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables pour la toxicité rénale induite par l'uranium

L'uranium est un élément radioactif naturel et un métal lourd. Les effets biologiques et sur la santé de l'exposition à l'uranium ont été attribués à sa toxicité radiologique et chimique. Bien que la majorité des études publiées indiquent que la toxicité de l'uranium est principalement liée aux lésions d'origine chimique touchant les reins, d'autres expériences *in vitro* et *in vivo* montrent des effets génotoxiques qui pourraient être attribués à la toxicité chimique et radiologique de l'uranium. En raison de l'exposition professionnelle potentielle lors du cycle du combustible nucléaire relatif à l'uranium, de l'exposition environnementale résultant des activités d'exploitation minière et d'autres activités industrielles ainsi que de l'exposition chronique par l'eau potable, en particulier dans les communautés desservies par des puits souterrains, les effets néfastes de l'uranium sur la santé représentent une préoccupation pour les responsables de l'évaluation des risques et de la réglementation dans les milieux radiologiques et chimiques. Le présent projet vise à définir une voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables pour la toxicité rénale induite par l'uranium qui sera présentée au Groupe consultatif élargi sur le screening moléculaire et la toxicogénomique (EAGMST) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (CP : Baki Sadi)

Exposition résidentielle au radon et leucémie infantile : une étude en population réalisée au Canada

L'exposition à long terme au radon est reconnue comme une cause importante de cancer du poumon. La présente étude examine la possibilité, évoquée pour la première fois lors de l'utilisation d'un ensemble de données recueillies dans les années 1970, d'un lien entre les concentrations moyennes de radon dans les habitations et l'incidence de la leucémie et du lymphome infantiles au Canada. Après le lancement du Programme national sur le radon en 2007, Santé Canada a réalisé une enquête à long terme sur les concentrations de radon dans les habitations de 33 régions métropolitaines de recensement (RMR), ce qui représente environ 70 pour cent de la population canadienne. Les données obtenues ont été examinées et comparées aux taux d'incidence de la leucémie et du lymphome chez les enfants (de 0 à 14 ans) au cours des 10 années précédentes (de 2006 à 2015), et les liens entre les concentrations moyennes de radon à l'échelle municipale et les taux d'incidence de la leucémie et du lymphome dans 33 grandes villes canadiennes ont été étudiés. Des analyses ont été réalisées pour six sous-types de leucémie et de lymphome. Les estimations de l'exposition de la moelle osseuse rouge au radon en milieu résidentiel étaient faibles, et aucune association n'a été relevée entre l'exposition au radon en milieu résidentiel et un risque accru de leucémie chez les enfants de moins de 15 ans vivant dans les RMR. Les résultats viennent enrichir le corpus de données indiquant qu'il n'y aurait aucune corrélation significative entre l'exposition au radon et la leucémie. (CP : Jing Chen; Lin Xie)

Dosimétrie d'urgence

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Les urgences nucléaires et radiologiques sont relativement rares, mais, lorsqu'elles surviennent, les travailleurs des services d'urgence, les premiers intervenants et le public en général peuvent recevoir d'importantes doses externes et internes de radionucléides. L'évaluation radiologique et les mesures de protection doivent être mises en œuvre rapidement pour atténuer les répercussions sur la santé humaine. Au nombre des éléments essentiels des systèmes de gestion des urgences figure une méthode de description quantitative des expositions. Le système de dosimétrie actuellement recommandé par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) porte sur les situations où les doses et les risques radiologiques connexes sont faibles et où les principaux objectifs sont d'optimiser la protection contre les effets stochastiques sur la santé et de démontrer la conformité avec les exigences réglementaires; ce système doit être élargi de façon à tenir compte des exigences relatives aux situations d'urgence. La présente recherche vise à élaborer des méthodes et des ensembles de données de référence qui permettraient d'élargir le système de dosimétrie actuel de la CIPR pour la réalisation d'évaluations radiologiques dans les situations d'exposition d'urgence. Un système de dosimétrie élargi pourra tenir compte des effets stochastiques et des réactions tissulaires nocives, des conditions particulières de la situation, comme la contamination des plaies, le blocage thyroïdien ou le traitement de décontamination, ainsi que des caractéristiques individuelles ou du groupe (p. ex. alimentation réduite en iode dans la région touchée). Des estimations normalisées de la dose efficace seront complétées par des évaluations individuelles détaillées de la dose absorbée ou du débit de dose absorbée dans les organes et les tissus des personnes d'âge divers. (CP : Chunsheng Li; groupe de travail 112 de la CIPR)

Estimation des exigences géospatiales pour les mesures de protection à proximité des centrales nucléaires canadiennes

Santé Canada est le ministère responsable de l'administration du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN). Dans le cadre du PFUN, Santé Canada a des responsabilités particulières en ce qui concerne l'évaluation des effets radiologiques d'une urgence nucléaire au Canada ou à l'étranger et la recommandation de mesures de protection à utiliser pour réduire l'exposition au rayonnement. Les lignes directrices internationales actuelles en matière de planification des mesures de protection sont fondées sur la compréhension des effets des urgences nucléaires aux centrales nucléaires du Canada utilisant la technologie des réacteurs à eau légère (REL) plutôt que la technologie CANDU (CANada Deuterium Uranium). La présente recherche examinera le risque de contamination environnementale et les doses de rayonnement découlant d'un grave accident de réacteur CANDU hypothétique, et elle tiendra compte des conditions météorologiques particulières qui règnent dans chacune des quatre centrales nucléaires au Canada. L'étude analysera les modèles de dispersion atmosphérique quotidienne élaborés au moyen du Système opérationnel de signalement d'accident et de conseil (ARGOS) en association avec le modèle de dispersion atmosphérique à grande échelle d'Environnement et Changement climatique Canada, le modèle lagrangien de dispersion de particules (MLDP). Le MLDP est le seul modèle de dispersion atmosphérique disponible au Canada qui a recours à une représentation 3D complète de l'atmosphère fondée sur le Système global ou régional de prévision déterministe et qui est utilisé sur le plan opérationnel pour la modélisation du transport, de la dispersion et du dépôt de divers types de polluants (p. ex. matières radioactives, cendres volcaniques, substances chimiques). Pour l'instant, des modélisations de deux années ont été réalisées. Les résultats seront analysés en fonction du cadre des valeurs guides de dosimétrie recommandées dans le document publié en 2018 par Santé Canada intitulé « Critères génériques et niveaux opérationnels d'intervention pour la planification et les interventions en cas d'urgence nucléaire », et ils donneront un aperçu de l'étendue géospatiale

des mesures de protection à prendre pour réduire l'exposition au rayonnement en cas d'urgence nucléaire au Canada. L'analyse des résultats de la modélisation de la première année est en cours. (CP : Lauren Bergman)

Explorer la voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables dans le cadre de l'évaluation des risques liés au rayonnement

Les évaluations toxicologiques effectuées par Santé Canada appuient le mandat du Ministère qui consiste à protéger la santé et à la sécurité des Canadiens. Ces évaluations contribuent à la caractérisation globale du risque d'une substance. Le Groupe consultatif élargi sur le screening moléculaire et la toxicogénomique (EAGMST), qui relève de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), a élaboré l'approche « AOP » (*Adverse Outcome Pathway*, ou voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables) de façon à consolider les données de toxicité chimique à de multiples niveaux d'organisation biologique. Les connaissances qui étayent l'AOP fournissent un cadre structuré pour organiser les données de façon transparente, examiner le poids de la preuve et déterminer les relations de cause à effet entre les facteurs de stress et les effets négatifs pertinents en ce qui a trait à la réglementation. Au cours de la dernière décennie, le cadre AOP a connu une évolution substantielle sur le plan de la caractérisation des dangers des produits chimiques. Plus récemment, il a attiré l'attention du milieu de la recherche sur le rayonnement, qui l'utilise pour faire progresser la compréhension mécaniste des effets de l'exposition au rayonnement ionisant à faible dose et à faible débit de dose sur la santé humaine et écologique. Afin d'exploiter pleinement la valeur de cette approche dans l'évaluation des risques et la radioprotection, il est impératif de solliciter les expériences et la collaboration active des différentes communautés de recherche. Pour ce faire, le groupe thématique conjoint sur l'AOP pour le rayonnement et les substances chimiques a été formé en décembre 2020 à l'initiative de deux entités de l'OCDE, soit le Comité de protection radiologique et de santé publique et le Groupe de haut niveau sur la recherche dans le domaine des faibles doses de l'Agence pour l'énergie nucléaire. L'objectif du groupe thématique conjoint, présidé par Santé Canada, est de faire progresser l'application de l'AOP dans la recherche sur le rayonnement et de favoriser une plus grande utilisation de cette approche dans l'évaluation des dangers et des risques. Ce groupe, qui est composé de représentants de partout dans le monde, sert de tribune pour répertorier les initiatives conjointes qui appuient la recherche et, éventuellement, les sciences de la réglementation, pour élaborer de telles initiatives et pour en discuter. Le groupe se concentrera sur le cadre AOP; il en fera la promotion, s'occupera de sa mise en œuvre et évaluera s'il est possible de l'utiliser pour : a) organiser et évaluer les connaissances mécanistes relatives à la protection de la santé humaine et de l'environnement; b) déceler les lacunes en matière de données et les besoins en recherche pertinents pour élargir le domaine des connaissances sur les effets du rayonnement à faible dose et à faible débit de dose et c) démontrer l'utilité du cadre dans les évaluations des risques grâce à l'élaboration d'études de cas pertinentes sur le rayonnement. (CP : Vinita Chauhan)

Caractérisation de l'exposition – tomographie volumique à faisceau conique

Santé Canada a le mandat d'évaluer et de gérer les risques pour la santé que présentent les appareils qui émettent des rayonnements. La tomographie volumique à faisceau conique (TVFC) est une méthode d'imagerie diagnostique par rayons X utilisée dans les domaines dentaire et médical, qui permet de produire des images tridimensionnelles (3D) d'un volume d'intérêt et qui est semblable à la tomodensitométrie (TDM) classique. Toutefois, les appareils de TVFC permettent l'acquisition des images radiologiques grâce à la rotation d'un large faisceau de rayons X unique, parfois partiel, autour du patient, par opposition aux appareils de TDM classiques, qui nécessitent généralement plusieurs rotations axiales ou hélicoïdales d'un faisceau étroit de rayons X en éventail autour du patient. Pour mesurer le débit de rayonnement des appareils de TDM classiques, différents paramètres de mesure

peuvent être utilisés. Cependant, les différentes méthodes employées pour produire une image au moyen des appareils de TVFC peuvent avoir des répercussions considérables sur l'applicabilité et la précision des divers paramètres de mesure utilisés pour évaluer le débit de rayonnement émis. Les présents travaux de recherche portent sur les paramètres de mesure du débit de rayonnement tomographique émis par les appareils de TVFC, y compris les paramètres de mesure proposés par l'industrie et les organismes de radioprotection, afin de déterminer leur capacité à mesurer de façon précise le débit de rayonnement des appareils. La dose de rayonnement diffusé reçue par un patient avec et sans tablier de plomb sera également évaluée. Comme toute exposition aux rayons X comporte un risque de lésions biologiques, lequel diminue au même rythme que le taux d'exposition, les présents travaux de recherche permettront d'évaluer de façon plus efficace les risques pour les patients associés à l'utilisation d'appareils de TVFC, y compris en comparaison avec d'autres méthodes d'imagerie radiologique médicale. Les résultats aideront également à mieux éclairer l'élaboration des initiatives réglementaires et d'orientation applicables aux appareils. (CP : Sarah Cuddy-Walsh)

Réseau de surveillance en poste fixe

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), la Division de la surveillance du rayonnement (DSR) de Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Santé Canada exploite un réseau de surveillance en poste fixe (SPF) comportant 80 détecteurs spectroscopiques à l'iodure de sodium (NaI) qui mesurent en temps réel les rayonnements présents dans l'air. Les détecteurs sont situés un peu partout au pays afin de fournir des évaluations du risque radiologique qui sont représentatives de la population, mais ils sont davantage concentrés près des centrales nucléaires à l'appui de la gestion et de l'intervention en cas d'urgence. Les données recueillies par le réseau SPF sont utilisées pour évaluer les doses de rayonnements et sont ensuite transmises aux Canadiens par l'entremise du site Web du Gouvernement du Canada. Le réseau peut également être utilisé pour faciliter la prise de décisions lors d'un événement nucléaire, afin de garantir la santé et la sécurité des Canadiens. Les données en temps réel du réseau SPF sont transmises automatiquement au Système international d'information sur le contrôle radiologique (IRMIS) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) pour permettre au Canada de respecter ses obligations en vertu de la Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire. Elles sont également affichées automatiquement sur la plateforme d'échange de données radiologiques de l'Union européenne EURDEP pour diffusion au public avec les données de plus de 5 500 postes de surveillance dans 39 pays. Le nombre de données transférées automatiquement vers ces systèmes chaque année totalise près de 2,5 millions de données simples. (CP : Kurt Ungar) Ensemble de données attendu.

Analyse nucléo-légale et reconstruction en cas d'événement lié à des radionucléides (FREAR)

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Le Bureau de la radioprotection (BRP) reçoit et analyse les données de centaines de capteurs de rayonnement au Canada et ailleurs dans le monde. Si des rejets de matières radioactives inexplicables sont détectés, par exemple en cas d'essais nucléaires (Ru-106) ou d'accidents nucléaires (Fukushima), les décideurs doivent disposer de capacités nucléo-légales pour caractériser et localiser la source des radionucléides et pour évaluer la nature de ceux-ci de sorte qu'ils puissent intervenir efficacement. Le projet FREAR est unique puisqu'il utilise des sites de surveillance qui détectent et qui ne détectent pas le rejet pour caractériser sa source, ce qui permet d'orienter les mesures d'intervention et de mieux protéger le public. L'équipe de recherche désire utiliser toute l'information disponible pour créer une caractérisation bayésienne (statistique) de la source. Les résultats de l'algorithme FREAR fournissent aux

décideurs la meilleure évaluation possible pour mieux protéger la santé des Canadiens. (CP : Ian Hoffman)

Utilisation d'appareils à laser portatifs et lésions connexes : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC)

Santé Canada a le mandat d'évaluer et de gérer les risques pour la santé que présentent les appareils qui émettent des rayonnements. En 2014, Santé Canada s'est servi de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) pour recueillir les estimations de la prévalence de l'utilisation des appareils à laser portatifs et des lésions connexes au Canada. Selon l'enquête, 1,1 pour cent des Canadiens ont signalé avoir subi une lésion causée par un appareil à laser. La majorité des lésions subies touchaient les yeux, et certains cas touchaient également la peau. Ces lésions découlaient souvent de l'utilisation d'un appareil à laser par une autre personne. Les soins esthétiques au laser représentaient la cause la plus fréquente des lésions. En 2019, Santé Canada a mené, à l'aide de l'ESCC, une étude de suivi de 5 ans portant sur la prévalence des lésions causées par les appareils à laser portatifs au cours des 12 mois précédents, à l'exclusion des lésions survenues dans le cadre de soins esthétiques au laser. L'enquête a permis de recueillir et d'analyser des renseignements sur des facteurs tels que la fréquence de survenue des lésions, le type de lésion subie et le contexte dans lequel la lésion est survenue (c.-à-d. utilisation personnelle d'un appareil à laser ou utilisation d'un appareil à laser par une autre personne). L'enquête de 2019 révèle que 12,4 pour cent des Canadiens ont signalé utiliser un appareil à laser portatif ou avoir été exposé à un appareil à laser portatif au cours de l'année précédente. La majorité des appareils à laser portatifs utilisés au Canada étaient des pointeurs laser. Les jeunes âgés de 12 à 17 ans représentaient près du quart de tous les utilisateurs de ces appareils. Les personnes ayant fait des études universitaires et celles faisant partie des ménages à revenu élevé comptaient parmi les plus grands utilisateurs d'appareils à laser portatifs. Dans l'ensemble, très peu de Canadiens ont déclaré avoir subi un inconfort ou une lésion découlant de l'utilisation d'un appareil à laser portatif au cours des 12 mois précédents. Le quart des utilisateurs ont indiqué qu'ils avaient délibérément dirigé le faisceau laser dans leurs propres yeux ou sur leur propre peau, ou dans les yeux ou sur la peau d'une autre personne. La plupart des répondants se sont procuré leur appareil à laser portatif par une méthode non divulguée ou par le biais d'un commerce de détail ou en ligne. Les appareils à laser portatifs posent un danger potentiel aux membres du public, en particulier aux enfants, qui ne connaissent pas les risques liés à leur utilisation. Ces renseignements ont été obtenus pour appuyer les efforts de surveillance et pour répondre aux préoccupations émergentes en matière de santé associées à l'utilisation des appareils à laser portatifs. (CP : Sami Qutob)

Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada

L'ingestion de quantités excessives de contaminants, y compris d'éléments radioactifs, présents dans les aliments peut s'avérer néfaste pour la santé des consommateurs. Chaque année, la Division de la surveillance du rayonnement (DSR) participe à l'Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada. Le programme permet d'analyser un vaste éventail de produits alimentaires faisant partie de l'alimentation canadienne typique afin d'estimer l'exposition cumulative des Canadiens à ces contaminants par l'approvisionnement alimentaire. La division est chargée de recueillir des échantillons de divers aliments, d'y mesurer la concentration d'éléments radioactifs et de s'assurer, le cas échéant, que cette concentration demeure bien en deçà du seuil jugé acceptable dans les normes nationales et internationales pertinentes. Les résultats de l'Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada aident à garantir que les aliments offerts à la population canadienne sont conformes aux normes nationales et internationales. (CP : JF Mercier; Robert Dabeka [DGPSA])

Identification des biomarqueurs de l'exposition au radon

Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens des risques pour la santé liés au radon dans le cadre de son mandat qui consiste à veiller à la santé et à la sécurité des Canadiens. Le gaz radon est un agent cancérigène humain bien caractérisé. Des études ont démontré un lien entre le radon résidentiel et le risque de cancer du poumon, mais la compréhension du mécanisme sous-jacent au lien demeure limitée. Le radon pénètre dans les maisons de différentes façons, notamment par les roches et le sol environnants ainsi que par l'approvisionnement en eau, où il peut se diffuser et s'accumuler à des concentrations pouvant poser un risque pour la santé. La présente étude examinera comment le radon peut influencer sur le sang et tentera d'identifier les indicateurs de l'exposition, appelés biomarqueurs. Les travaux seront menés en partenariat avec les membres du Projet de partenariat canadien Espoir pour demain (PPCED), un programme qui renferme un dépôt d'échantillons biologiques tirés d'une biobanque. La cartographie géographique sera mise à profit pour faciliter l'identification des participants qui résident dans des zones associées à un risque élevé d'exposition au radon et ceux qui résident dans des zones associées à un risque faible d'exposition au radon. Des échantillons de sang seront prélevés chez les participants et seront analysés pour établir des associations entre l'exposition au radon et la présence de biomarqueurs précis. Les résultats de ces travaux permettront de comprendre les types de biomolécules qui sont diffusées dans le sang des personnes qui vivent dans des zones associées à un risque élevé d'exposition au radon, et les types de technologies qui sont sensibles à la détection de niveaux d'exposition chronique au radon. Les nouvelles connaissances dans le domaine aideront à orienter les recherches futures à Santé Canada et éclaireront les normes nationales et internationales actuelles. (CP : Vinita Chauhan [BPRPCC]; Michel Gauthier [BRP])

Utilisation d'appareils de bronzage artificiel et lésions connexes : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC)

Le mandat de Santé Canada comprend l'évaluation et la gestion des risques pour la santé que présentent les appareils qui émettent des rayonnements. L'apparition précoce du cancer de la peau a été associée à l'utilisation d'appareils de bronzage, une utilisation accrue étant corrélée avec une hausse du risque de cancer. En 2014, Santé Canada s'est servi de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) pour recueillir les estimations de la prévalence du bronzage artificiel et des lésions connexes (oculaires et cutanées). Selon l'enquête, 4,5 pour cent des Canadiens ont utilisé des appareils de bronzage artificiel par rayonnement ultraviolet au cours des 12 derniers mois, et l'utilisation de ces appareils était plus fréquente chez les jeunes femmes (âgées de 18 à 34 ans). La majorité des utilisateurs ont indiqué qu'ils avaient recours aux appareils de bronzage pour obtenir un bronzage de base. Les résultats actuels de l'ESCC de 2019 portent sur la période de suivi de 5 ans de l'enquête réalisée en 2014. Comme c'était le cas auparavant, le module de réponse rapide de l'ESCC de 2019 a permis de recueillir des données sur l'utilisation d'appareils de bronzage au cours des 12 mois précédents, dont les raisons de l'utilisation, la fréquence ou la durée d'utilisation, les précautions prises et les lésions ou les effets indésirables observés afin d'obtenir une estimation plus robuste de l'importance de l'utilisation de ces appareils et des lésions connexes. L'enquête de 2019 révèle que 3,0 pour cent de la population canadienne a signalé avoir utilisé un appareil de bronzage artificiel au cours de l'année précédente, ce qui représente une baisse considérable de 33 pour cent par rapport à la prévalence observée en 2014. La majorité des utilisateurs étaient des femmes, et les femmes de 18 à 34 ans étaient de bien plus grandes utilisatrices que les femmes de 45 ans et plus. La prévalence du bronzage artificiel était supérieure chez les personnes sans diplôme universitaire, mais aucune différence n'a été observée dans la prévalence en fonction du revenu du ménage ou de la région. La plupart des utilisateurs ont indiqué qu'ils utilisaient des appareils de bronzage artificiel dans un salon de bronzage, et la raison d'utilisation la plus fréquente était toujours l'obtention d'un bronzage de base. Plus du tiers de tous les utilisateurs

ont signalé un nombre de séances de bronzage supérieur à dix au cours de la dernière année. Les renseignements générés dans le cadre de la recherche permettront de consolider nos connaissances sur les tendances en matière d'utilisation et de comportement des utilisateurs, et seront utiles pour cibler les communications au public et prendre des décisions fondées sur les données probantes relativement à la gestion des risques. (CP : Sami Qutob)

Justification et méthodologie pour la caractérisation des niveaux sonores de référence

Le mandat de Santé Canada comprend l'évaluation et la gestion des risques pour la santé associés aux dispositifs émettant du bruit. Il comprend également l'obligation légale de fournir des conseils sur le bruit ambiant conformément à la *Loi sur l'évaluation d'impact*. À l'extérieur, les sources de bruit de fond peuvent entraver ou empêcher la prise de mesures valides. Il faut élaborer des méthodes de mesure pour quantifier le bruit provenant de ces sources. Lorsque des mesures acoustiques sont effectuées à l'extérieur, les principales sources de bruit de fond intrusif comprennent : le bruit ambiant de basse à moyenne fréquence provenant de sources anthropiques éloignées; les sons de haute fréquence produits par des insectes et des oiseaux à proximité; les sons de basse fréquence causés par l'effet direct du vent sur le microphone. Ce projet vise à quantifier ces sources. Des mesures sont effectuées tout au long de l'année à l'extérieur dans des zones suburbaines et rurales locales, de même qu'à un emplacement résidentiel situé près de l'océan. Le bruit de haute fréquence local qui provient des oiseaux et des insectes est filtré de façon à ne pas avoir d'effet sur la mesure conformément à la norme de l'American National Standards Institute (ANSI) sur la mesure du bruit ambiant. Cette norme est utilisée parce que l'air absorbe la majeure partie du bruit de haute fréquence après quelques centaines de mètres. Son utilisation permet au bruit des insectes, des oiseaux ou d'origine anthropique d'être filtrés. Pour éviter toute contamination par le bruit du vent, toutes les mesures sont réalisées au moyen d'un écran antivent surdimensionné sphérique de 0,75 mètre de diamètre. Des comparaisons faites avec des mesures réalisées simultanément à l'aide d'écrans antivent utilisés couramment permet de quantifier les niveaux de bruit du vent dans les mesures typiques. Il s'agit d'une démarche novatrice étant donné que les mesures sont prises dans un environnement réaliste et non dans une soufflerie. (CP : Stephen Keith)

Analyse longitudinale des données sur les travailleurs du secteur nucléaire dans le Fichier dosimétrique national (programme de recherche et de développement stratégiques sur le rayonnement à faible dose du Groupe des propriétaires de CANDU)

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Le rayonnement est un cancérogène reconnu, mais il existe de nombreuses incertitudes quant à la nature de la relation dose-réponse à faible dose. Le rayonnement peut également influencer sur le risque d'autres effets nocifs pour la santé. La présente étude utilisera les données à jour sur les travailleurs dans le Fichier dosimétrique national canadien couplées avec les données nationales sur la mortalité et l'incidence du cancer pour caractériser les associations entre l'exposition à de faibles doses de rayonnement et différentes causes de mortalité, ainsi que les associations entre l'exposition à de faibles doses de rayonnement et l'incidence de différents types de cancer. Des travaux de modélisation permettront d'évaluer les répercussions des effets différés de l'exposition et les relations entre l'exposition différentielle et la réponse selon l'âge et le sexe, et des méthodes faisant appel aux tables de mortalité seront utilisées pour estimer les répercussions du rayonnement ionisant sur l'espérance de vie. Les résultats de l'étude viendront enrichir le corpus de données probantes qui sous-tend les recommandations nationales et internationales en matière d'évaluation et de gestion des risques liés au rayonnement. (CP : Paul Villeneuve [Université Carleton]; Lydia Zablotska [Université de Californie, San Francisco]; Rachel Lane [Commission canadienne de sûreté nucléaire]; Minh Do [Université Carleton])

et Centre de recherche sur le cancer professionnel de l'Ontario]; Susana Abraham Cottagiri [Université Carleton]; Tim Prendergast [Santé Canada])

Mesure des effets psychosociaux attribuables aux mesures de protection en cas d'urgence nucléaire

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Selon les leçons tirées des urgences nucléaires passées, les répercussions psychosociales comme le trouble de stress post-traumatique, la dépression, le suicide et l'anxiété chez les populations touchées peuvent nuire davantage à la santé que les rayonnements. Ces répercussions doivent être prises en compte lors de la conception des plans d'intervention d'urgence. À l'échelle internationale, il n'existe aucun outil permettant de comparer, d'une part, les effets psychosociaux et les effets sur la santé mentale de ces mesures, et, d'autre part, les effets radiologiques. Les plans d'intervention en cas d'urgence nucléaire et les mesures de protection sont fondés sur le détriment radiologique (mesuré en sieverts). Une unité équivalente correspondant au détriment psychosocial est nécessaire pour prendre en considération les effets psychosociaux des plans d'intervention d'urgence. La première phase de l'étude permettra d'élaborer l'unité de mesure du détriment psychosocial pour la planification et l'intervention en cas d'urgence nucléaire. L'équipe de recherche procédera également à une analyse statistique des données d'enquêtes sur la santé mentale menées auprès de la population canadienne afin de mesurer les effets psychosociaux des mesures de protection en cas d'urgence. Les facteurs clés des effets psychosociaux comprennent les évacuations, les déplacements prolongés, la perception du risque et les changements socio-économiques. L'application d'un facteur de pondération aux répercussions psychosociales d'autres urgences permet de proposer une unité de mesure du détriment qu'il sera possible de comparer au sievert. Une analyse réalisée au moyen de la méthode statistique des doubles différences permet de quantifier les effets psychosociaux observés chez les populations touchées par la catastrophe et les populations de contrôle. D'autres analyses au moyen de la méthode statistique des doubles différences sur des données provenant d'autres pays contribueront à valider la quantification des effets psychosociaux mesurés au Canada et ailleurs. Enfin, un outil de prise de décisions sera mis au point pour faire en sorte que les effets sur la santé psychosociale d'ordre radiologique et non radiologique soient pris en compte lors de la mise en œuvre de mesures de protection après une urgence nucléaire. Cet outil sera applicable à toutes les étapes de la préparation et de l'intervention en cas d'urgence nucléaire. En ce qui concerne le volet atténuation, l'outil mettra l'accent sur l'importance des effets psychosociaux dans les situations d'urgence afin de sensibiliser les planificateurs, les intervenants et le public aux risques associés à ces effets. Pour le volet préparation, l'outil facilitera l'élaboration de stratégies de protection de façon à ce que les plans tiennent compte des effets psychosociaux et des mécanismes qui permettent de mettre en balance ces effets et les effets radiologiques. Au cours de l'intervention, les décideurs pourront tenir compte des effets psychosociaux entraînés par la mise en œuvre de mesures de protection contre les expositions au rayonnement. L'outil contiendra les ressources nécessaires pour gérer et atténuer les effets psychosociaux dans le cadre du rétablissement une fois l'urgence terminée. (CP : Tristan Barr)

Mesure de la charge de travail à l'aide de détecteurs couplés

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Les accélérateurs linéaires (LINAC) sont souvent utilisés pour traiter les patients atteints d'un cancer. Ils permettent de cibler les tumeurs avec des faisceaux de rayonnement de haute énergie. Pour la santé et la sécurité des travailleurs, il est important de mesurer la charge de travail annuelle des LINAC pour chaque énergie photonique disponible, ce qui indique la dose de rayonnement à l'extérieur de la chambre radioprotégée. En tant que principal fournisseur de services de dosimétrie au Canada, la Division des services nationaux de dosimétrie (DSND) s'est associée à des experts en radiothérapie pour

explorer une technique qui permet de mesurer la charge de travail à l'aide de détecteurs couplés. Les signaux des deux détecteurs donnent suffisamment d'information pour distinguer les contributions des champs de photons de 6 et de 18 MV. Un facteur d'étalonnage permet également d'obtenir le nombre d'unités moniteur (une mesure du débit de l'accélérateur) délivrées pour chaque énergie. Les expériences initiales ont eu recours à deux appareils couplés, soit un dosimètre à neutrons qui utilise la technologie de détecteurs solides de traces nucléaires (CR-39) et qui est capable de différencier les deux champs et un dosimètre thermoluminescent (DTL-100) sensible aux deux champs. Les signaux du CR-39 étaient trop saturés pour être utilisables dans les conditions d'exposition de l'expérience. Le DTL-100, quant à lui, s'est avéré excellent pour déterminer la charge de travail lorsqu'il était exposé à une seule énergie. Le DTL-100 pourrait donc constituer un excellent choix de détecteur s'il était couplé à un autre détecteur convenable. Des expériences en cours explorent la possibilité de coupler le DTL-100 à un dosimètre qui utilise la technologie de luminescence stimulée optiquement (LSO), qui ne se sature pas en présence de doses élevées. Si ce projet de recherche est une réussite, les résultats pourraient permettre aux opérateurs de LINAC de calculer la charge de travail de façon beaucoup plus efficace, ce qui faciliterait la gestion de leurs programmes de radioprotection. (CP : Robert Corns [Université de la Caroline de l'Est, États-Unis]; Charles Schroeder [ActionCancer Manitoba]; Gurpreet Sandhu [BC Cancer]; Keith Henderson [BRP]; Elizabeth Inrig [BRP]; Ian McKay [BRP])

Contre-mesures médicales pour le dépôt dans les poumons

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Lors d'une urgence radiologique ou nucléaire, les premiers intervenants et le public peuvent subir une contamination interne par des radionucléides inhalés. La présente étude a pour objet d'évaluer l'efficacité et l'applicabilité de mesures visant à contrer un dépôt important de radionucléides inhalés. Elle s'intéresse plus précisément à deux types de contaminants : 1) les matériaux radioactifs insolubles inhalés qui restent longtemps dans les poumons et qui ne s'éliminent pas facilement. Cette partie du projet examine l'utilisation des médicaments approuvés, seuls ou en combinaison, aux fins de l'élimination efficace des particules insolubles inhalées dans les poumons, à l'aide d'un modèle animal; 2) les matériaux radioactifs solubles inhalés, dont le traitement actuel repose sur l'utilisation d'agents de décorporation tels que le Zn-DTPA. Pour ce type de contaminants, l'efficacité du traitement est compromise par la clairance rapide du médicament de l'organisme. Cette partie du projet examine l'utilisation des nanoparticules pour ralentir la clairance du médicament de l'organisme et ainsi améliorer l'efficacité de l'élimination, à l'aide d'un modèle animal. Les résultats du projet permettront d'appuyer la préparation et la réponse aux urgences radiologiques et nucléaires, à la fois dans l'élaboration des lignes directrices et l'état de préparation lié aux contre-mesures médicales. (CP : Chunsheng Li; Laboratoires nucléaires canadiens)

Modélisation de l'élévation de la température de la peau par des champs de radiofréquences à ondes millimétriques

La croissance des dispositifs émetteurs de radiofréquences (RF) et la libération du spectre des ondes millimétriques pour la technologie sans fil à large bande au cours des dernières années ont fait naître l'inquiétude du public au sujet des effets possibles de l'énergie RF sur la santé. Le mandat du Ministère en matière d'exposition humaine à l'énergie électromagnétique RF émise par les appareils sans fil est notamment d'étudier les effets possibles sur la santé, de surveiller de façon continue les publications scientifiques traitant de ces effets et d'élaborer des lignes directrices sur l'exposition aux RF, communément appelées *Code de sécurité 6*. Le *Code de sécurité 6* énonce les limites de sécurité recommandées pour ce qui est de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (CEM). L'objectif de la présente étude consiste à modéliser l'augmentation potentielle de la température de la peau chez l'humain à la suite d'une exposition à des champs RF à ondes millimétriques. Puisque ces

champs RF sont presque entièrement absorbés par les couches supérieures de la peau et la graisse sous-cutanée, des modèles numériques sont en cours d'élaboration, lesquels permettraient de prévoir le taux d'absorption ou l'élévation, en régime permanent, de la température à la surface de la peau, tout en tenant compte de l'intensité et du diamètre du faisceau. Le modèle analytique élaboré dans le cadre de la présente étude pourrait servir à évaluer les seuils de densité de puissance en fonction de la fréquence qui entraîneraient une augmentation précise de la température des tissus. Par ailleurs, le modèle pourrait également servir à estimer la température maximale des tissus exposés à des dispositifs émettant des RF, selon les caractéristiques de rayonnement du dispositif. La présente recherche a pour but d'aider Santé Canada, les autres organes gouvernementaux et le milieu scientifique en général à mettre au point des modèles qui pourront servir à analyser les seuils des effets thermiques sur la santé découlant de l'exposition humaine aux ondes millimétriques. (CP : Greg Gajda; Mykola Zhuk)

[Surveillance de la radioactivité chez le caribou et le béluga après l'accident de Fukushima \(Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord\)](#)

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Après l'accident de 2011 à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, au Japon, les communautés du Nord ont exprimé des préoccupations en ce qui concerne la sécurité du caribou et du béluga comme sources alimentaires. Par le passé, les études menées après l'accident de Tchernobyl en 1986 ont montré une augmentation de la radioactivité chez le caribou, même si les animaux étaient encore considérés comme propres à la consommation. Les radionucléides sont mesurés dans des échantillons de caribou, de béluga et d'espèces proies du béluga fournis par le Programme de contaminants dans le Nord. Ces échantillons ont été recueillis avant l'accident de Fukushima, peu après celui-ci, puis plusieurs années plus tard (une fois que la radioactivité avait traversé l'océan Pacifique). Les résultats de certaines comparaisons des échantillons prélevés avant l'accident et peu de temps après l'accident ont été publiés. À ce jour, aucune augmentation n'a été observée chez ces espèces, et l'on s'attend à ce que les concentrations restent bien en dessous des lignes directrices établies sur la radioactivité dans les aliments. (CP : Trevor Stocki)

[Étude comportementale du Programme national sur le radon](#)

Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens des risques pour la santé liés au radon dans le cadre de son mandat qui consiste à veiller à la santé et à la sécurité des Canadiens. Le Programme national sur le radon (PNR) comporte une vaste campagne de sensibilisation destinée à motiver les Canadiens à prendre des mesures pour se protéger contre le cancer du poumon causé par le radon. Cette année, le PNR a mis à l'essai une intervention axée sur le comportement – soit une carte postale affichant un message clair – pour vérifier si celle-ci permettait d'accroître de façon significative la sensibilisation au radon et les achats de trousse de détection. Un groupe visé par l'intervention et un groupe témoin distincts ont été constitués dans des secteurs ayant peu d'activités locales sur le radon, ce qui était considéré comme correspondant à une sensibilisation limitée au radon dans la collectivité, et dans des secteurs ayant beaucoup d'activités locales sur le radon, ce qui était considéré comme correspondant à une sensibilisation préexistante élevée au radon. Toutes les collectivités participant à l'essai avaient préalablement été désignées comme ayant un risque élevé de présenter des concentrations résidentielles élevées de radon (selon l'Enquête pancanadienne sur les concentrations de radon et d'autres données). On a évalué l'influence exercée sur les groupes en comparant les visites de site Web et les achats de trousse de détection par les participants qui avaient reçu une carte postale et ceux qui n'en avaient pas reçu. Des données empiriques ont également été recueillies. Les résultats ont révélé que l'intervention axée sur le comportement au moyen de la carte postale a permis d'augmenter la sensibilisation au radon et que cette augmentation était plus marquée dans les collectivités ayant beaucoup d'activités locales sur le radon comparativement aux collectivités ayant peu d'activités locales

sur le radon. L'étude a aussi permis de constater que le fait de recevoir une carte postale augmentait la probabilité d'acheter une trousse de détection du radon et que cette augmentation était plus marquée dans les collectivités où il y avait déjà beaucoup d'activités locales comparativement à celles où il y en avait peu. Bien que l'étude ait révélé une hausse du nombre de trousse de détection achetées chez les personnes qui avaient reçu une carte postale, les nombres absolus étaient tout de même assez faibles, ce qui indique que l'intervention axée sur le comportement au moyen de la carte postale à elle seule ne représente pas une solution efficace pour accroître les taux de détection et d'atténuation du radon au Canada. L'étude préliminaire montre que l'utilisation des sciences comportementales semble prometteuse pour évaluer et améliorer l'efficacité des campagnes de sensibilisation au radon. Les résultats peuvent être consultés dans le document suivant : <https://takeactiononradon.ca/wp-content/uploads/NRP-Behavioural-Study-Final-Report-FRA-2020.pdf>. (CP : Jane Howe [Deloitte Canada]; Kelley Bush, Katelyn Penstone)

Nouvelle méthodologie pour l'analyse du strontium radioactif dans le lait

La protection du bien-être des Canadiens en ce qui concerne la radioactivité environnementale repose sur les activités de surveillance et de mesure réalisées à l'échelle nationale par la Division de la surveillance du rayonnement (DSR). Parmi les types d'échantillons utilisés pour évaluer les effets radiologiques directs pour les Canadiens, les produits laitiers commerciaux sont importants pour les raisons suivantes : 1) un grand nombre de radionucléides préoccupants s'introduisent facilement dans le lait à partir de l'environnement ambiant; 2) les produits laitiers commerciaux constituent des échantillons groupés qui représentent de grandes zones géographiques; 3) la consommation de lait est très courante. Ainsi, l'analyse radiologique du lait constitue un élément important des programmes de surveillance environnementale complets partout dans le monde. Du point de vue des répercussions sur la santé, le radionucléide le plus pertinent associé au lait est le strontium-90, et ce, en raison de son abondance, de la nature de sa désintégration et de sa longue persistance radiologique et biologique (c.-à-d. sa demi-vie). Toutefois, c'est aussi l'un des radionucléides les plus difficiles à mesurer avec précision et exactitude dans un délai raisonnable, particulièrement en raison de la nature complexe du lait. C'est pourquoi la méthode employée actuellement par la DSR est réservée à un usage ponctuel et, malgré ce critère, elle s'est avérée ne pas être en mesure de répondre aux demandes de traitement des échantillons nécessaires dans un contexte d'urgence. Pour combler cette lacune, une nouvelle méthode a été élaborée afin de réduire considérablement la durée, les efforts et la complexité de l'analyse des échantillons tout en renforçant l'intégrité et la fiabilité des données. Cet accomplissement repose sur la mise en commun de plusieurs innovations, qui a permis de créer une méthode d'analyse qui est rigoureusement caractérisée et dont la fiabilité a été prouvée. (CP : Michael Cooke)

Dispositifs d'écoute personnels et déficience auditive

Santé Canada mène des recherches visant à évaluer les risques possibles du bruit pour la santé dans le cadre de son mandat de protection de la santé et de la sécurité des Canadiens. Cela inclut les risques du bruit provenant des dispositifs d'écoute personnels. Il est bien connu que l'exposition prolongée à des bruits intenses peut causer une perte auditive induite par le bruit. Auparavant, Santé Canada a évalué le réglage de volume typique sur les dispositifs d'écoute personnels (p. ex. lecteurs MP3) utilisés par les élèves et a corrélié les résultats à l'état d'audition autodéclaré et mesuré des élèves. Ces études pilotes ont motivé la réalisation d'enquêtes plus vastes. Pour la première fois, des données ont été recueillies à l'échelle du pays sur la santé auditive des Canadiens âgés de 3 à 79 ans dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) (cycles 3 et 4). Ces données, qui comprenaient des mesures objectives de l'acuité auditive ainsi que l'autodéclaration de l'exposition à des bruits intenses au travail et dans les loisirs, ont été utilisées dans des publications sur la prévalence de la perte auditive

liée à l'emploi chez les Canadiens. En 2019, Santé Canada a publié un rapport sur la prévalence de l'exposition à des bruits intenses dans le cadre des activités de loisir chez la population canadienne âgée de 6 à 79 ans. L'exposition au bruit provenant de sources cumulatives et de sources précises de bruits intenses liés à des activités de loisir, y compris l'utilisation de dispositifs d'écoute personnels, a été estimée en fonction d'une limite professionnelle commune (c.-à-d. un niveau de bruit supérieur ou égal à 85 dB pendant au moins 40 heures par semaine). Santé Canada effectuera une analyse subséquente pour évaluer les répercussions de l'utilisation de dispositifs d'écoute personnels à un volume élevé et des autres expositions à des bruits intenses lors des activités de loisir sur la santé auditive de la population canadienne âgée de 6 à 29 ans. Santé Canada réunira ces résultats pour estimer (caractériser) la prévalence de la perte auditive induite par le bruit chez les Canadiens, y compris les enfants, les adolescents et les jeunes adultes, à la suite d'une exposition prolongée à des dispositifs bruyants (comme les dispositifs d'écoute personnels) pouvant émettre des niveaux de volume dangereusement élevés. Ces renseignements aideront également à guider les responsables des politiques, les éducateurs et les professionnels de la santé. (CP : Katya Feder)

[Surveillance et évaluation de la radioactivité dans l'Arctique canadien : participation à un projet de recherche internationale du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique \(PSEA\) 2023](#)

L'accès à des renseignements fiables et récents est essentiel à la prise de décisions fondées sur des données scientifiques en ce qui concerne les changements en cours dans l'Arctique et leurs répercussions dans le monde entier. Les rapports sommaires du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) sur le sujet ont donc été élaborés expressément à l'intention des décideurs, afin de résumer les principales constatations de l'évaluation. Depuis 2019, une équipe d'experts internationaux (Santé Canada s'est joint à l'équipe en tant que pays arctique) a procédé à l'évaluation des enjeux relatifs à la radioactivité dans l'Arctique. Les renseignements contenus dans la présente étude, qui est fondée sur les données de recherche et de surveillance évaluées par les pairs et publiées depuis 2014, seront accompagnés des références complètes. L'évaluation à jour de la radioactivité comprendra les nouvelles données sur la radioactivité, les effets du radon sur la santé humaine et les données sur les radionucléides déversés ou transférés dans l'Arctique. Elle présentera également la recherche de Santé Canada sur les répercussions des changements climatiques sur le transport des radionucléides naturels dans l'Arctique. Ces études permettront d'améliorer la capacité de Santé Canada à estimer l'augmentation du niveau d'activité de plomb 210 (Pb-210) et de polonium 210 (Po-210) dans la région arctique en raison de la présence de contaminants dans le Nord, et à effectuer la modélisation du transport des radionucléides dans l'atmosphère, qui est essentielle à l'évaluation de la dose de rayonnement reçue par les humains. (CP : Weihua Zhang)

[Recherche sur le radon : comprendre le risque lié au radon dans les milieux professionnels et résidentiels](#)

Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens des risques pour la santé liés au radon dans le cadre de son mandat qui consiste à veiller à la santé et à la sécurité des Canadiens. L'exposition à long terme au radon est reconnue comme une cause importante de cancer du poumon. Le radon est un gaz radioactif naturel qui peut s'accumuler dans les espaces clos en contact avec le sol, comme les mines, les grottes, d'autres milieux de travail et les maisons. Il est important de tenir compte de toutes les sources d'exposition afin d'évaluer correctement le risque et de prioriser les domaines où l'intervention sera la plus efficace. Dans le cadre d'une étude récente sur le sujet, l'équipe de recherche a tenté de déterminer si le fait d'exclure l'exposition résidentielle à vie des études épidémiologiques portant sur le risque lié au radon pour les mineurs (c.-à-d. le fait de n'inclure que l'exposition professionnelle) pourrait avoir une incidence sur la qualité de la caractérisation de l'exposition et, par conséquent, sur la relation risque-exposition qui en résulte (publié dans *Radiation Environmental Biophysics*, octobre 2020). Dans le cadre d'une deuxième étude, l'équipe de recherche a utilisé les statistiques canadiennes sur la

main-d'œuvre et le temps ainsi que plus de 7 600 mesures à long terme portant sur le radon dans les lieux de travail pour calculer l'exposition hypothétique au radon pour 20 catégories d'emploi (selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord). Les résultats ont été comparés aux données sur l'exposition résidentielle au radon obtenues à partir de plus de 22 000 analyses sur l'exposition au radon à long terme réalisées dans des maisons canadiennes. En raison de la concentration relativement élevée de radon dans les maisons comparativement à celle détectée dans de nombreux lieux de travail, et en raison du fait que les Canadiens passent plus de temps à leur résidence qu'au travail, l'équipe de recherche a conclu que l'exposition résidentielle contribue en moyenne à 90 % de l'exposition totale au radon des travailleurs (*Journal of Radiological Protection*, mars 2021). Le Programme national sur le radon de Santé Canada et ses partenaires se servent de ces travaux pour renforcer les directives, la réglementation et les politiques, et pour réduire le fardeau des maladies causées par le radon pour les Canadiens. (CP : Jing Chen)

Recherche sur le radon : examen des facteurs d'équilibre pour l'évaluation des doses

Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens des risques pour la santé liés au radon dans le cadre de son mandat qui consiste à veiller à la santé et à la sécurité des Canadiens. L'exposition au radon dans l'air intérieur est la principale cause de cancer du poumon chez les non-fumeurs et la deuxième cause de cancer du poumon chez les fumeurs. Le radon s'infiltré dans les résidences sous la forme d'un gaz et se désintègre rapidement en plusieurs radio-isotopes à courte durée de vie. En réalité, ce n'est pas tant le fait de respirer le gaz radon qui amène les doses de rayonnement aux poumons, mais plutôt l'inhalation des produits à courte durée de vie issus de la désintégration du radon. Cette dose de rayonnement peut finir par causer un cancer du poumon. Des concentrations similaires de gaz radon peuvent donner lieu à différentes concentrations de produits issus de la désintégration du radon dans diverses conditions environnementales; afin d'en tenir compte, on utilise un facteur d'équilibre pour l'évaluation des doses. Les facteurs d'équilibre sont souvent estimatifs; toutefois, la présente étude porte sur les données publiées par plus de 20 pays et comprend des mesures du radon dans les milieux résidentiels, publics et professionnels tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. En milieu résidentiel intérieur, les facteurs d'équilibre sont beaucoup plus élevés dans les résidences mal aérées et dans les résidences où vivent des fumeurs. Dans certains milieux professionnels (mines, cavernes et cuves thermales), un éventail de facteurs d'équilibre a été observé, ce qui semble indiquer que les valeurs propres à l'emplacement, au milieu et à l'exploitation conviennent davantage que les moyennes pour évaluer les expositions subies par les travailleurs qui s'y trouvent. Ces données sont utiles pour déterminer les populations les plus à risque d'être exposées au radon et cibler des programmes de réduction du radon, y compris le Programme national sur le radon. Article publié dans *Health Physics*, septembre 2020. (CP : Jing Chen; Naomi Harley)

Exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail et maladies cardiovasculaires au Canada

Dans le cadre de son mandat, Santé Canada doit évaluer les risques pour la santé liés au rayonnement et fournir des conseils en matière de radioprotection à d'autres programmes et ministères fédéraux. L'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail est associée à des troubles de l'audition, mais le lien entre cette exposition et les effets extra-auditifs demeure incertain. Ce projet de recherche a étudié le lien entre l'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail et la santé cardiovasculaire chez des participants (n = 6 318, environ 50 % de sexe masculin) de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) (2012-2015) âgés de 20 à 79 ans et recrutés aléatoirement partout au Canada. Une entrevue a été réalisée en personne auprès des ménages de façon à recueillir des données démographiques de base et des renseignements sur le stress perçu, les problèmes de santé diagnostiqués et l'exposition autodéclarée à un milieu de travail bruyant. Une évaluation physiologique directe réalisée dans un centre d'examen mobile a permis de déterminer les biomarqueurs et les facteurs de risque liés à la fonction cardiovasculaire. Des modèles de régression logistique ou linéaire

ont permis à l'équipe d'explorer le lien entre l'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail et plusieurs paramètres cardiovasculaires après correction pour tenir compte des facteurs de confusion. Après correction, rien ne permettait de conclure à un lien entre le bruit en milieu de travail et les paramètres évalués, notamment la pression artérielle, la fréquence cardiaque, la glycémie, l'insuline, les lipides, l'hypertension diagnostiquée, la prise de médicaments contre l'hypertension, l'infarctus du myocarde, l'AVC ou les maladies du cœur. Aucune donnée probante n'indique que l'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail était associée aux biomarqueurs cardiovasculaires à l'étude ou à des maladies cardiovasculaires chez les Canadiens de 20 à 79 ans. Cette étude, et d'autres comparables, contribue de façon importante à constituer une base de données probantes qui pourrait orienter les politiques relatives à l'exposition au bruit en milieu de travail. (CP : David Michaud)

Étude du césium 137 chez les espèces aviaires chassées au Canada

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. On a analysé un ensemble de données historiques, renfermant des mesures non publiées de la radioactivité du césium 137 (^{137}Cs) dans 238 échantillons combinés de muscles pectoraux prélevés sur 1 892 oiseaux de 37 espèces, dans le but de déterminer si les oiseaux avaient été contaminés par les retombées mondiales des essais d'armes ou de l'accident de Tchernobyl, de comprendre les concentrations de référence du césium chez les oiseaux de partout au pays et de s'assurer que les oiseaux pouvaient être consommés sans danger. Les travaux en cours, qui sont fondés sur cet ensemble de données, visent à accroître la capacité d'évaluer les répercussions du rejet de radionucléides sur les chaînes alimentaires du pays. Les échantillons provenaient de 173 endroits au Canada (y compris de régions dans l'Arctique) et ont été prélevés principalement pendant la saison de chasse automnale, entre 1989 et 1995. Chacun des échantillons composites a ensuite été analysé par spectrométrie gamma. Diverses méthodes de corrélation des mesures avec les concentrations de ^{137}Cs dans l'environnement et les habitudes des espèces ont été étudiées en vue de déterminer les facteurs de transfert de la radioactivité dans l'environnement pour six groupes différents en quête de nourriture. La concentration de ^{137}Cs dans l'ensemble des échantillons était très faible; par conséquent, aucune donnée probante ne permet d'établir la présence d'un risque pour la santé humaine. Cette étude a été publiée dans le *Journal of Environmental Radioactivity* (décembre 2020). Les travaux se poursuivront à l'aide de données provenant d'échantillons obtenus dans le cadre du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA). Les résultats seront présentés dans le rapport du PSEA de 2023 (voir la section intitulée « Surveillance et évaluation de la radioactivité dans l'Arctique canadien » qui se trouve plus loin dans le rapport). (CP : Trevor Stocki; Birgit Braune [ECCC])

Revue systématique de la force de la preuve qui soutient l'existence d'un lien entre l'exposition au bruit et les changements dans les facteurs de risque biologiques des maladies causées par le stress

Santé Canada réalise des recherches afin d'évaluer les risques potentiels pour la santé liés au bruit, et ce, dans le cadre de son mandat qui consiste à protéger la santé et la sécurité des Canadiens. Le bruit peut augmenter les réactions de stress et ainsi entraîner des effets indésirables sur la santé. Cette augmentation peut accroître le risque d'apparition d'effets sur la santé provoqués par le stress, comme des maladies cardiovasculaires (dans le cas d'une exposition constante à des niveaux de bruit élevés). L'augmentation des réactions de stress causée par les bruits forts peut se traduire notamment par des changements du niveau de cortisol, d'adrénaline ou d'épinéphrine, ou par des changements de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Ces changements peuvent s'accompagner (statistiquement) d'un inconfort ou non. L'objectif de la revue systématique (financée par le Fonds de recherche sur l'évaluation d'impact de la Direction de la sécurité des milieux) était d'évaluer la force de la preuve en ce qui concerne le lien entre l'exposition au bruit et les changements dans les paramètres biologiques qui contribuent au développement d'effets indésirables sur la santé humaine causés par le

stress. Le fait que le bruit puisse constituer un facteur de stress ne suffit pas, en soi, à orienter pleinement les conseils du Ministère sur le bruit, car ces conseils ne peuvent pas avoir pour objectif d'éliminer complètement les réactions de stress et d'inconfort causées par le bruit. Des analyses dose-réponse ont permis d'examiner l'effet qu'avait une augmentation de 10 dB de l'exposition au bruit. Le risque de biais de chaque étude a été évalué à l'aide de l'outil d'évaluation du risque de biais dans les études non randomisées (études d'exposition) (ROBINS-E). La certitude de l'ensemble des données probantes pour chaque résultat a été déterminée selon l'approche GRADE. L'équipe a recensé un total de 151 études primaires contenant des données sur la pression artérielle, la fréquence cardiaque, la résistance vasculaire, le débit cardiaque, le tour de taille, le cortisol, l'adrénaline, la noradrénaline, le glucose, le cholestérol, l'hypertension, la prééclampsie, le diabète gestationnel et l'hypertension gestationnelle chez les humains. Les données probantes qui soutenaient l'effet d'une exposition accrue au bruit sur les biomarqueurs du stress à court et à long terme étaient de certitude très faible. D'après la revue systématique, le degré de certitude des données probantes à l'appui d'un lien entre l'exposition au bruit et les maladies causées par le stress au sein de la population est très faible. (CP : David Michaud)

Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR)

Le Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR) se compose de 26 stations d'échantillonnage réparties partout au Canada, qui transmettent régulièrement au division de la surveillance de la radiation, des échantillons environnementaux de radionucléides qui pourraient nuire à la santé et au bien-être des Canadiens. Les matrices d'échantillons incluent les particules atmosphériques recueillies par des filtres, les précipitations (pluie et neige), l'eau potable et le lait. Les techniques utilisées pour identifier et quantifier les radionucléides d'intérêt sont la spectrométrie gamma, la spectrométrie alpha, le comptage proportionnel à gaz, le comptage à scintillateur liquide et la spectrométrie de masse couplée inductive. De plus, le RCSR gère 12 stations d'échantillonnage, lesquelles sont situées principalement près des centrales nucléaires de Gentilly et de Point Lepreau, qui prélèvent des échantillons de vapeur d'eau pour en établir la teneur en tritium, qu'on utilise comme paramètre pour évaluer la fuite des réacteurs. La surveillance radiologique exhaustive et permanente permet de déterminer avec exactitude le rayonnement de fond actuel au Canada et permet la détection précoce et l'intervention rapide en cas d'incident national ou international qui aurait des conséquences radiologiques. (CP : JF Mercier)

Traité d'interdiction complète des essais nucléaires : surveillance des stations de surveillance des radionucléides et du laboratoire de radionucléides

À titre de ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), la Division de la surveillance du rayonnement (DSR) de Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICEN), adopté par l'Assemblée générale des Nations Unies en 1996, constitue une mesure efficace visant à assurer la non-prolifération nucléaire et le désarmement nucléaire. Le traité prévoit la mise en œuvre d'un régime de vérification exhaustif faisant en sorte qu'aucune explosion nucléaire ne passerait inaperçue. Le régime de vérification englobe le Système de surveillance international (SSI) et le Centre international de données (CID), un processus de consultation et de clarification, des inspections sur place, des mesures de confiance et le Centre national de données (CND) canadien, dirigé par Ressources naturelles Canada (RNCAN). Le SSI comprend des stations et des laboratoires situés dans le monde entier, qui se servent de l'une des quatre technologies suivantes pour recueillir des données : 1) surveillance sismique; 2) surveillance des infrasons; 3) surveillance hydroacoustique ou 4) surveillance des radionucléides. Dans le cadre du SSI, la DSR exploite quatre stations de surveillance des radionucléides et un laboratoire de radionucléides. La DSR entretient une plateforme pour l'analyse

automatisée et interactive des mesures des radionucléides en suspension dans l'air au nom du CND canadien. La plateforme comprend toutes les données de ce type provenant du SSI et du Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR). En collaboration avec ses partenaires d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), la DSR de Santé Canada appuie également le CND dans l'évaluation des événements qui touchent le traité et dans l'évaluation d'autres rejets atmosphériques importants de radionucléides. Ces activités se traduisent par un ensemble de données provenant de l'analyse de plus de 30 000 échantillons par année. Cette année a été marquée par la présentation de documents du laboratoire de radio-isotopes du TICEN, laquelle a constitué une étape importante pour l'ajout de l'analyse des gaz nobles à ses capacités certifiées par l'Organisation du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (OTICE). La certification devrait être complète d'ici le début de l'année 2022, après la visite du site par les autorités de l'OTICE. (CP : Kurt Ungar)

[Modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptionnelles dans un modèle murin de peau en réponse au rayonnement ultraviolet émis par un lit de bronzage commercial](#)

Le mandat de Santé Canada comprend l'évaluation et la gestion des risques liés aux dispositifs qui émettent des rayonnements. En 2016, le Comité scientifique des risques sanitaires, environnementaux et émergents (CSRSEE) de la Commission européenne a conclu qu'il existe des données probantes solides démontrant que le rayonnement ultraviolet (UV) émis par les appareils de bronzage est cancérigène et que le risque de cancer augmente à la fois avec la fréquence d'utilisation et l'âge de l'utilisateur. Le CSRSEE a également conclu qu'il n'existe pas de limite sûre pour l'exposition au rayonnement UV émis par les appareils de bronzage, car il n'y a pas de seuil défini pour les effets nocifs à long terme sur la santé en cas d'exposition. Cela est attribuable à la nature stochastique de l'induction du cancer et aux doses nécessaires pour l'obtention d'un bronzage. Il n'y a pas non plus de seuil établi en matière de rayonnement UV et de dose UV qui permettrait de déterminer les effets stochastiques à long terme, tels que le cancer, à partir des données actuellement disponibles. Des études mécanistes plus sensibles et des outils d'analyse plus avancés pourraient fournir un meilleur aperçu des estimations des seuils d'exposition au rayonnement UV et des effets nocifs éventuels par le biais de l'analyse des voies transcriptomiques. Selon une revue récente de la littérature scientifique, l'application de la modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptionnelles offre des avantages considérables par rapport aux méthodes classiques d'analyse bioinformatique en génomique. En 2019, Santé Canada a réalisé une étude sur l'utilisation de la modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptomiques sur la réponse de la peau de souris à l'exposition à une vaste gamme de doses de rayonnement UV émises par une lampe de bronzage UV destinée à une utilisation cosmétique. Il s'agit des premiers travaux du genre à employer la modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptomiques sur la réponse dans un modèle murin vivant exposé à une gamme de doses de rayonnement UV d'intérêt biologique correspondant à peu près au spectre de rayonnement UV émis par un lit de bronzage type destiné à une utilisation cosmétique. Ces données fourniront une première évaluation des réponses moléculaires à l'exposition au rayonnement UV, laquelle servira à déterminer les seuils de réponse au rayonnement UV d'intérêt biologique pouvant empêcher la survenue de conséquences physiopathologiques à long terme. (CP : Sami Qutob)

[Valider les activités de surveillance en cas d'urgence à l'aide d'une quantité connue de matière radioactive](#)

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Le Bureau de la radioprotection (BRP) de Santé Canada a une équipe de terrain qui s'occupe des activités de surveillance en cas d'urgence nucléaire. L'équipe de terrain peut effectuer des mesures du débit de dose, des échantillonnages du sol et des analyses de spectrométrie gamma *in situ*, et elle est en mesure

de mettre en œuvre des procédures de contrôle de la contamination à la suite d'événements de dispersion radiologique. Ces capacités ont été mises à l'essai, l'équipe ayant été déployée sur le terrain pour faire le suivi d'une quantité connue d'une substance radioactive répartie uniformément (La-140). Deux méthodes de mesure du débit de dose ont été utilisées. La première consistait en une mesure d'une durée moyenne de 30 secondes à plusieurs endroits, alors que la deuxième reposait sur un système de sac à dos qui prend des mesures ponctuelles pendant que l'opérateur marche dans la zone à étudier. Les débits de dose de rayonnement mesurés par les instruments étaient de 30 % inférieurs aux prévisions, ce qui indique qu'un facteur de correction qui tient compte de l'effet d'écran par l'opérateur est nécessaire. La méthode d'échantillonnage du sol s'est révélée efficace pour prélever des échantillons rapidement, mais elle doit être améliorée de façon à garantir l'uniformité des volumes prélevés. Une estimation précise de l'activité distribuée a été calculée à partir de mesures de spectroscopie gamma *in situ* auxquelles les chercheurs ont appliqué un facteur de correction simulé à partir d'une méthode de Monte-Carlo. L'analyse des échantillons par le laboratoire nucléaire mobile a été rapide, les résultats de dix échantillons ayant été obtenus dans les quatre heures suivant la collecte. Au final, les procédures de contrôle de la contamination se sont révélées efficaces tant pour le personnel que pour les échantillons. Aucune contamination indésirable (plus de deux fois les niveaux de fond) n'a été observée à l'extérieur de la zone d'accès contrôlé. Le fait de mettre à l'essai les procédures à l'aide d'une quantité connue de matière radioactive dispersée de façon uniforme a permis d'améliorer plusieurs méthodes et, ainsi, de préparer l'équipe d'intervention sur le terrain du BRP. (CP : Rory McCutcheon-Wickham)

Étude sur le bruit des éoliennes et la santé : analyse du sommeil

Santé Canada a mené, en collaboration avec Statistique Canada et d'autres spécialistes externes, l'Étude sur le bruit des éoliennes et la santé (EBES) (2012 à 2014) afin de mieux comprendre les effets du bruit des éoliennes sur la santé et le bien-être humains. Les paramètres mesurés comprenaient la pression artérielle et la fréquence cardiaque (mesure automatisée), la concentration de cortisol dans les cheveux et le sommeil (actigraphie). De plus, des données autodéclarées ont été recueillies au cours d'une entrevue en personne assistée par ordinateur menée à la résidence des participants. L'étude est terminée et les résultats préliminaires ont été publiés à l'automne 2014, mais, en raison du volume des données recueillies, la publication des résultats détaillés dans des revues scientifiques à comité de lecture a eu lieu de 2015 à 2019. Jusqu'à présent, 14 articles ont été publiés dans des revues, et des analyses supplémentaires sont en cours. Les travaux actuels de l'EBES consistent en une analyse plus détaillée du sommeil par actigraphie, où une première analyse portera sur l'évaluation du sommeil à des intervalles de 10 minutes qui seront synchronisés avec le fonctionnement des éoliennes; une seconde analyse visera à déterminer le niveau de pression acoustique produit par le fonctionnement des éoliennes, qui est associé à une prévalence de 3 pour cent des troubles du sommeil autodéclarés, soit le seuil de perturbation du sommeil sur lequel l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) se fonde actuellement pour établir ses lignes directrices sur le bruit. Les résultats d'analyse fourniront l'évaluation la plus exhaustive des troubles du sommeil autodéclarés à ce jour et contribueront à enrichir une base de données probantes mondiale sur laquelle Santé Canada, les autres organes gouvernementaux et le milieu scientifique en général s'appuieront pour prendre des décisions éclairées à l'avenir. Les résultats scientifiques de ces études sur le bruit des éoliennes continueront d'éclairer les procédures judiciaires liées à l'installation d'éoliennes au Canada et ailleurs dans le monde. (CP : David Michaud)

Qualité de l'eau

Conception d'enquêtes rentables sur l'eau potable au 21^e siècle : optimisation des analytes cibles, du choix des sites, de l'échantillonnage et des méthodes d'analyse

Le plus souvent, les enquêtes sur l'eau potable coûtent cher en raison des coûts associés à l'échantillonnage, à l'expédition et aux analyses. Comme l'eau potable est un milieu actif, il est essentiel de mettre en place des protocoles d'échantillonnage précis pour certains contaminants de l'eau et de faire appel à du personnel bien formé pour obtenir des résultats cohérents. Les frais d'expédition sont généralement élevés, car de grands volumes d'eau peuvent être nécessaires pour l'analyse des contaminants à l'état de trace. Puisque différentes méthodes d'analyse sont utilisées aux fins de l'identification des types de contaminants de l'eau, diverses exigences en matière de prélèvement et de traitement d'échantillons s'appliquent, et le recours à différents laboratoires d'analyse est parfois nécessaire. Au fil des ans, Santé Canada a mené plusieurs enquêtes ciblées et deux enquêtes nationales sur l'eau potable afin d'obtenir des données qui ont servi à élaborer les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Les résultats de ces enquêtes ont également été utilisés pour effectuer les évaluations des risques pour la santé humaine. Le présent projet vise principalement à trouver des façons rentables de concevoir et de mener les futures enquêtes sur l'eau potable. Les éléments à améliorer comprennent le choix des sites d'échantillonnage, les catégories de contaminants, le volume des échantillons, les techniques de concentration des échantillons sur place et les méthodes d'analyse. L'expertise dont s'est doté Santé Canada à l'interne lui permettra de regrouper les connaissances acquises au fil des années en ce qui a trait à l'échantillonnage et à l'analyse de l'eau potable. Le Ministère explorera en outre les nouveaux outils d'analyse dans le but de réduire le nombre de méthodes d'analyse par rapport au nombre de contaminants à analyser. L'objectif ultime est de réduire le coût des futures enquêtes et d'augmenter la quantité et la qualité des données, au besoin, pour permettre à Santé Canada de remplir son mandat, qui consiste à protéger et à améliorer la santé des Canadiens. (CP : Anca-Maria Tugulea)

Transformation des microplastiques par les agents oxydants présents dans l'eau potable et effets connexes sur la sorption et le lessivage des nouvelles substances chimiques potentiellement préoccupantes pour la santé

Il a été établi que les microplastiques sont des agents sorbants (qui adsorbent ou absorbent) des polluants organiques et des métaux, dont certains peuvent être préoccupants pour la santé humaine. Dans certaines conditions environnementales et pendant le traitement de l'eau potable, les microplastiques peuvent également subir des modifications de leurs caractéristiques physiques et chimiques pouvant influencer sur leur comportement de sorption et de lessivage des substances chimiques. On ne sait pas très bien si l'exposition aux substances chimiques véhiculées par les microplastiques représente une source importante d'exposition comparativement à l'exposition totale provenant des autres sources. D'autres recherches sont nécessaires avant de pouvoir évaluer les risques pour la santé humaine associés à l'exposition aux microplastiques. La présente recherche vise à élaborer des protocoles permettant d'évaluer comment les microplastiques sont transformés lorsqu'ils sont soumis à une oxydation et à des conditions climatiques représentatives de l'exposition aux agents oxydants et aux rayons ultraviolets dans les stations de production d'eau potable, et comment leur capacité de sorption et de lessivage de certaines substances chimiques organiques hydrophobes cibles et d'un ion métallique est influencée. L'étude permet de mieux comprendre l'effet sur le comportement de sorption et de désorption des microplastiques d'une altération lorsqu'ils sont soumis à un processus d'oxydation avancé par les rayons ultraviolets et l'ozone. Les données pourraient servir à alimenter des études à long terme sur les interactions des substances chimiques organiques hydrophobes avec un large éventail de plastiques altérés (fibres, fragments, particules pigmentées) représentant d'autres sources possibles d'exposition humaine. (CP : Subhasis Ghoshal [Université McGill]; personne-ressource à Santé Canada : Tamara Desroches)