Santé Canada

Recueil de résumés de recherche

2019-2020

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: Annual compilation of research abstracts

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
Téléc. : 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 la ministre de la Santé, 2021

Date de publication : mai 2021

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 connaissances[1]*. »*

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 directions et les divisions qui en sont chargées à la DGSESC.

[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

LÉGENDE ..... **xi**

DIRECTION DES SCIENCES DE LA SANTÉ ENVIRONNEMENTALE ET DE LA RADIOPROTECTION (DSSER) 1

Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation (BPRPCC) **1**
Division des sciences physiques des rayonnements non ionisants 1
Détermination du niveau sonore dans le cadre de l'Étude sur le bruit des éoliennes et la santé 1
Modélisation de l'élévation de la température de la peau par des champs de radiofréquences à ondes millimétriques 1
Division des sciences de la santé des rayonnements non ionisants 2
Dispositifs d'écoute personnels et déficience auditive 2
Étude sur le bruit des éoliennes et la santé : analyse du sommeil 3
Utilisation d'appareils de bronzage artificiel et lésions connexes : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) 3
Utilisation d'appareils à laser portatifs et lésions connexes : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) 4
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 4
Division des sciences physiques des rayonnements ionisants 5
Caractérisation de l'exposition – tomographie volumique à faisceau conique 5
Division des sciences de la santé des rayonnements ionisants 6
Élaboration d'un essai de dosimétrie biologique 6
Biomarqueurs de l'exposition à de faibles doses de rayonnement ionisant 6
Identification des biomarqueurs de l'exposition au radon 7

Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale (BSRSE) **7**
Division de l'exposition et de la biosurveillance 7
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 7
Caractérisation de l'exposition résidentielle aux métaux et aux matières organiques du PGPC 8
Incidence du comportement de dissolution des nanomatériaux d'oxyde métallique sur la réponse toxicologique 9
Élaboration d'une méthode à haut débit en chambre d'essai pour la détermination des composés organiques semi-volatils dans les produits de consommation 9
Exposition multimédia à de nouvelles substances chimiques préoccupantes utilisées comme substances de remplacement et à certaines substances chimiques du PGPC3 10
Identification de substances inconnues dans les liquides de recharge et les vapeurs des cigarettes électroniques (ARC avec le BRS) 10
Identification des biomarqueurs d'exposition chez les consommateurs de produits du tabac et de vapotage (ARC avec le BRS) 11

Pharmacocinétique *in vitro* aux fins d'interprétation des données à haut débit (2e partie) 11
Extrapolation *in vitro-in vivo* de la toxicocinétique des substances chimiques du PGPC 12
Conception d'enquêtes rentables sur l'eau potable au 21e siècle : optimisation des analytes cibles, du choix des sites, de l'échantillonnage et des méthodes d'analyse 12
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 13
Taux d'absorption des dispositifs d'échantillonnage personnels en silicone : validation du principe 13
Toxicocinétique *in vitro* pour l'interprétation des données (ARC avec le BERSE/BQEA) 14
Analyse des aérosols générés par les produits de vapotage (ARC avec le BRS) 14
Identification des phases des nanopoudres d'oxyde métallique achetées auprès de distributeurs en ligne (ARC avec le BECSN) 15
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 15
Division de l'identification du risque 16
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 16
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) 17
Élaboration de méthodes de criblage *in vitro* des perturbateurs métaboliques dans les adipocytes 17
Élaboration et validation de méthodes rapides aux fins de l'évaluation de la toxicité endocrinienne 18
Comparaison directe de la toxicité subaiguë des bisphénols A, F et S à l'aide d'un protocole d'exposition normalisé de l'OCDE 18
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 19
Un système d'analyse de l'exposition des cellules pulmonaires aux microplastiques dans des conditions qui reproduisent les expositions réelles chez l'humain (ARC avec le BQEA) 19
Évaluation des nouvelles substances chimiques préoccupantes utilisées comme substances de remplacement et de certaines substances chimiques du PGPC3 au moyen d'essais *in vitro* sur la toxicité endocrinienne (projet d'équipe des IRSC) 20
Division des études mécanistes 20
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 20
Amélioration et diffusion d'un cadre quantitatif pour l'analyse et l'interprétation réglementaire des données dose-réponse sur la toxicité génétique 21
Élaboration de méthodes d'analyse de la pathogénicité aux fins de l'évaluation du danger associé aux micro-organismes utilisés en biotechnologie 22
Potentiel toxique relatif des variantes nanoparticulaires de la silice et du dioxyde de titane 22
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 no 488 et du modèle MutaMouse 23
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 24
Essais d'absorption cutanée de substances chimiques d'intérêt prioritaire, existantes et nouvelles, dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques 24

Utilisation de profils d'expression génique pour faciliter la lecture croisée de 24 SPFA d'intérêt prioritaire (ARC avec le BQEA) 25
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)....25
Mise au point de méthodes d'identification et d'évaluation des dangers associés aux micro-organismes liés à la biotechnologie : évaluation de la virulence des agents pathogènes humains opportunistes présents dans les mélanges microbiens (ARC avec le BECSN)....26
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)....26
Évaluation des méthodes *in vitro* destinées à éclaircir les différences sur le plan de la toxicité entre les variantes de particules de nanosilice nouvellement synthétisées dans le but de faciliter la lecture croisée dans l'évaluation des risques liés aux nanoparticules (ARC avec le BECSN) 27
Élaboration et application de stratégies d'essai adaptées et fondées sur les voies associées aux effets indésirables pour améliorer l'évaluation des dangers et des risques liés aux substances chimiques altérant le génome 27
Élaboration et application d'approches novatrices de séquençage de nouvelle génération pour les essais de mutagénicité au 21e siècle 28
Élaboration d'un outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité (OAIEG) (ARC avec le BECSN) ..29
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....29
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 (ARC avec le BQEA) 30
Évaluation de la toxicité *in vitro* des nanoformes de l'oxyde de zinc (ARC avec le BECSN)....30
Division des études sur la population 31
Indicateur sur les tendances air-santé : faits récents et mises à jour....31
Étude d'intervention sur l'efficacité des conseils découlant de la Cote air santé (CAS) chez un groupe de sujets porteurs d'un défibrillateur automatique implantable à Toronto....32
Outils de méta-analyse et d'examen systématiques à l'appui des évaluations scientifiques 32
Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) : mise à jour 33
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 (2021-2024) 33
Analyse régionale des données de biosurveillance de l'ECMS 34
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....35
Exposition de longue durée à la pollution atmosphérique industrielle et incidence de l'asthme infantile : étude de cohorte de naissance dans la population 35
Plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) 36
Étude MIREC-ENDO : début de la puberté, fonction endocrinienne et métabolisme....37
Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) 37
Stress oxydatif, inflammation et modifications cardiovasculaires associés au potentiel oxydant des particules grossières, fines et ultrafines dans l'air ambiant 38

Influence de la pollution atmosphérique sur les arythmies cardiaques potentiellement mortelles en Ontario, au Canada 38
Étude sur l'usage du DEET 39
Exposition aux polluants de l'air ambiant et apparition des démences : étude de cohorte administrative au Québec 39
Évaluation des associations entre l'exposition aux polluants atmosphériques et l'apparition de maladies chroniques au Québec 39
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) 40
Maladies chroniques et pollution de l'air : étude de la trajectoire de la maladie et des interventions (étude ROUTE) 41
Association entre l'exposition à la pollution de l'air pendant la grossesse et l'autisme chez l'enfant 41
Mise à jour de la Cote air santé par l'élargissement de la couverture temporelle et spatiale 42
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 42
Associations entre les composés organiques volatils dans le sang et les changements dans les profils hématologiques et biochimiques dans une étude en population 43
Association entre la pollution atmosphérique et les hospitalisations chez les patients atteints de lupus érythémateux disséminé au Chili : une analyse des séries chronologiques quotidiennes 43
Facteurs influençant les composés organiques volatils dans les foyers canadiens 44
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 44
Analyses des fonctions concentration-réponse non linéaires pour les expositions à court terme à la pollution atmosphérique 45
Interaction entre les variants de gènes et la pollution atmosphérique chez les participants à des études par panel sur la Cote air santé 45
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) 46
Élaboration d'un modèle national d'exposition aux $PM_{2,5}$ provenant de la fumée dégagée par les feux de forêt 47

Bureau de la radioprotection (BRP) 47
Division de la surveillance du rayonnement et des évaluations de santé 47
Contre-mesures médicales pour le dépôt dans les poumons (PCSS) 47
Surveillance de la radioactivité chez le caribou et le béluga après l'accident de Fukushima (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord) 48
Étude du césium 137 chez les espèces aviaires chassées au Canada 48
Recherche sur le radon : examen des facteurs d'équilibre pour l'évaluation des doses 48
Étude pilote à Chelsea (Québec) visant à déterminer les concentrations de radon et de radionucléides dans l'eau 49
Recherche sur le radon : évaluation des stratégies d'atténuation du radon dans l'environnement canadien 50
Tests de détection du radon dans les résidences de la municipalité de St. Lawrence, à Terre-Neuve 50
Étude comparative des concentrations de radon dans les immeubles fédéraux et les résidences du Canada 51
Exposition résidentielle au radon et leucémie infantile : une étude en population réalisée au Canada 51

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) 52
Analyse coût-efficacité des interventions visant à réduire l'exposition au radon en milieu résidentiel au Canada 52
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 53
Une meilleure compréhension de la dosimétrie du radon par la caractérisation des aérosols dans l'air intérieur et la simulation informatique 53
Élaboration d'une voie associée aux effets indésirables pour la toxicité rénale induite par l'uranium 54
Dosimétrie d'urgence (Commission internationale de protection radiologique) 54
Étude comportementale du Programme national sur le radon 54
Division de la surveillance du rayonnement 55
Réseau de surveillance en poste fixe 55
Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada 55
Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR) 56
Traité d'interdiction complète des essais nucléaires : surveillance des stations de surveillance des radionucléides et du laboratoire de radionucléides 56
Détermination d'une empreinte chimique reliant le rejet non déclaré de ruthénium 106 en 2017 au retraitement avancé de combustible nucléaire 57
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 57
Mise au point d'un dosimètre de référence permettant de distinguer la contribution des neutrons de celle des autres composantes du rayonnement cosmique 58
Division des services nationaux de dosimétrie 58
Mesure de la charge de travail à l'aide de détecteurs couplés 58
Division de la préparation et de l'intervention aux urgences nucléaires 59
Estimation des exigences géospatiales pour les mesures de protection à proximité des centrales nucléaires canadiennes 59

DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DES MILIEUX (DSM) 60

Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) 60
La santé des Canadiens dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir, 2021 60
Établissement de seuils de température intérieure au moyen de données probantes aux fins de la protection de la santé 60
Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques 61
CanTEMP : estimation de la surmortalité et de la surmorbidité attribuables à la température à l'échelle nationale 61
Analyse économique des répercussions des changements climatiques sur la santé et sur le système de santé : un aperçu 62
Changements climatiques et vulnérabilité à la chaleur des travailleurs canadiens : gros plan sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada 62
Effets des arbres urbains sur la santé humaine : revue exploratoire 63
Étude des conditions associées au confort thermique dans les terrains de jeu au Canada 63

Rapport d'évaluation qualitative et quantitative du réseau de surveillance syndromique en temps réel de l'Alberta 64
Analyse des risques d'inondation de l'infrastructure de santé canadienne 64
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) 65
Conditions météorologiques extrêmes et changements climatiques : santé de la population et système de santé 65
Adaptation psychosociale aux changements climatiques à High River, en Alberta : répercussions sur le plan des politiques et des pratiques 65

Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes (BERSE) 66
Examen de l'application du ratio bioactivité-exposition pour l'établissement des priorités et l'évaluation axés sur les risques 66
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 67
Élargissement de l'espace chimique obtenu par analyse toxicocinétique à haut débit dans le but d'accroître son applicabilité aux substances existantes 67
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 68
Modernisation de l'évaluation des risques : une approche intégrée fondée sur les nouvelles approches méthodologiques pour la détection des produits chimiques potentiellement génotoxiques 68
Utilisation de profils d'expression génique pour faciliter le classement de l'activité et la lecture croisée de 15 bisphénols 69
Utilisation de modèles d'apprentissage automatique dans la prédiction des perturbateurs endocriniens 70
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 70

Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) 71
Écotoxicité des substances pharmaceutiques pour les organismes aquatiques 71
Concentrations environnementales de médicaments vétérinaires et de médicaments à usage humain dans les eaux de surface et les sédiments 71
Évaluation de la toxicité et de la bioaccumulation de l'atovaquone au moyen d'invertébrés d'eau douce 72
Validation du modèle du poisson-zèbre (*Brachydanio rerio*) à titre de NAM *in vivo* dans l'évaluation du potentiel de perturbation du système endocrinien et de toxicité générale des substances chimiques 72
Étude sur le devenir et les effets de la metformine dans l'environnement 73
Élaboration d'un outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité (OAIEG) 73
Effets de l'antibiotique à usage vétérinaire florfénicol chez les espèces aquatiques d'eau douce 74
Analyse des effets des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) sur le poisson-zèbre (*Brachydanio rerio*) 74
Caractérisation et toxicologie des nanoparticules métalliques 75

Bureau de la qualité de l'eau et de l'air (BQEA) 75

Programme de la qualité de l'air 75
Effets aigus et chroniques sur la santé du potentiel oxydant des $PM_{2,5}$ dans l'air ambiant 75
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 76
Étude de modélisation de l'exposition spatiale et temporelle à Calgary (étude MEST Calgary) 76
Étude sur la pollution de l'air marin dans la région atlantique du Canada (étude CAMAPS) 76
Caractérisation de l'exposition individuelle dans des micro-environnements associés au transport urbain 77
Caractérisation des effets de la fumée de combustion du bois dans les collectivités de la Colombie-Britannique 78
Étude d'intervention sur la pollution atmosphérique chez les navetteurs 78
Effets de l'exposition aux particules ultrafines sur la santé 79
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 79
Modélisation spatiale à l'appui des études sur la santé 79
Vulnérabilité à la pollution atmosphérique dépendante du temps dans une cohorte de femmes enceintes (MIREC) 80
Projet de modélisation urbaine intégrée 80
Étude de la qualité de l'air dans le métro 81
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 81
Effets combinés de l'exposition aux aéroallergènes et aux polluants atmosphériques extérieurs en milieu urbain 82
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 83
Projet sur la qualité de l'air dans les arénas 83
Étude sur la qualité de l'air dans les quartiers à proximité des gares de triage (QAQPGT) 84
Étude sur l'exposition à la pollution atmosphérique et l'épidémiologie à Québec (EPAEQ) 84
Étude sur la qualité de l'air dans les maisons neuves 85
Enquête en ligne sur les systèmes de ventilation de cuisine dans les maisons au Canada 86
Étude CanEPIC : étude canadienne sur l'environnement, la grossesse, le nourrisson et l'enfant 86
Programme de la qualité de l'eau 87
Analyse de la présence d'entérocoques dans les sources d'eaux souterraines brutes des systèmes d'approvisionnement en eau potable municipaux 87
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 87
Détection des effets des microplastiques et de leur emplacement sur les embryons amniotes en développement : élaboration d'un protocole au moyen d'embryons de poulet 88

DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DES PRODUITS DE CONSOMMATION ET DES PRODUITS DANGEREUX (DSPCPD) 89

Bureau d'évaluation du risque (BER) 89
Laboratoire de la sécurité des produits 89

Mise au point d'une nouvelle méthode d'essai visant à évaluer les dangers de nature mécanique associés aux couvre-fenêtres à cordes 89
Validation d'une méthode d'analyse pour les liquides de vapotage à forte concentration de nicotine 89
Détermination des ignifugeants dans une enquête sur les produits de consommation 90
Étude des produits de dégradation thermique présents dans les liquides de vapotage contenant des sels de nicotine après la pyrolyse 90
Division du triage et de la surveillance 91
Renforcement de la surveillance des produits de consommation au Canada : l'exemple du vapotage 91

LÉGENDE

ADME	Absorption, distribution, métabolisme et excrétion
ARC	Accord de recherche concertée
BCCI	Bureau des changements climatiques et de l'innovation, DSM
BECSN	Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles, DSM
BER	Bureau d'évaluation du risque, DSPCPD
BERSE	Bureau de l'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
CAS	Cote air santé
COSV	Composé organique semi-volatil
COV	Composé organique volatil
CP	Chercheur principal (ou principale personne-ressource pour le projet)
DSM	Direction de la sécurité des milieux
DSPCPD	Direction de la sécurité des produits de consommation et des produits dangereux
DSSER	Direction des sciences de la santé environnementale et de la radioprotection
ECMS	Enquête canadienne sur les mesures de la santé
ESCC	Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
LAD	Loi sur les aliments et drogues
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LIS	Liste intérieure des substances
LRSC	Liste révisée des substances commercialisées
MIREC	Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement
NAM	Nouvelles approches méthodologiques
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OEBQA	Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PCSS	Programme canadien pour la sûreté et la sécurité
PE	Protocole d'entente

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 fine dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm; PM_5 = matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 5 µm)
PSEA	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
PUF	Particule ultrafine (matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 0,1 µm)
RDDC	Recherche et développement pour la défense Canada
SPFA	Substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques

Direction des sciences de la santé environnementale et de la radioprotection (DSSER)

Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation (BPRPCC)

Division des sciences physiques des rayonnements non ionisants

Détermination du niveau sonore dans le cadre de l'Étude sur le bruit des éoliennes et la santé

Le rôle de Santé Canada en ce qui concerne l'énergie éolienne comprend la fourniture de conseils, sur demande, sur la mesure du niveau sonore et l'évaluation des répercussions sur la santé. Il est au courant des plaintes liées à la santé formulées par des personnes vivant à proximité de parcs éoliens. Dans le monde entier, l'énergie éolienne est un secteur en expansion et des travaux de recherche sont actuellement effectués pour enrichir la base de données probantes sur laquelle les instances internationales peuvent appuyer leurs décisions. En collaboration avec la Division des sciences de la santé des rayonnements non ionisants (DSSRNI), la Division des sciences physiques des rayonnements non ionisants (DSPRNI) effectue une recherche afin de signaler des niveaux sonores plus spécifiques (c.-à-d. en tenant compte de facteurs supplémentaires) à partir d'observations provenant de l'Étude sur le bruit des éoliennes et la santé (EBES) menée par Santé Canada. L'analyse continue des données, qui fait suite à la publication des résultats initiaux sur le niveau sonore moyen annuel en 2014 (dans le *Journal of the Acoustical Society of America*), porte sur l'évaluation des niveaux sonores mesurés et calculés générés par les éoliennes à intervalles de 10 minutes; elle prend en compte les conditions météorologiques et les données opérationnelles des éoliennes. L'analyse comprend également des nouvelles estimations des niveaux de pression acoustique à l'intérieur, l'évaluation des infrasons et les répercussions possibles sur le sommeil. Les travaux de la recherche permettront au Ministère de fournir des conseils sur les propositions, les installations et les opérations relatives aux éoliennes et contribueront à parfaire les connaissances mondiales sur le bruit des éoliennes et la santé. (CP : Stephen Keith)

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) dans les industries et les lieux de travail réglementés par le gouvernement fédéral. 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; personne-ressource : Jonathan Paradis)

Division des sciences de la santé des rayonnements non ionisants

Dispositifs d'écoute personnels et déficience auditive

À titre de responsable de l'application de la *Loi sur les dispositifs émettant des radiations* (LDER), qui impose des exigences en matière de radioprotection pour les produits importés et vendus au Canada, y compris les produits émettant des rayonnements acoustiques, Santé Canada mène des recherches visant à évaluer les risques possibles pour la santé liés au bruit, notamment le 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 corrélé 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)

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)

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

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)

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

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)

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

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 cancérogène 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)

Division des sciences physiques des rayonnements ionisants

Caractérisation de l'exposition – tomographie volumique à faisceau conique

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 : Graeme Wardlaw)

Division des sciences de la santé des rayonnements ionisants

Élaboration d'un essai de dosimétrie biologique

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 une méthode d'imagerie par cytométrie en flux pour le test du micronoyau avec blocage de la cytokinèse qui serait une méthode à haut rendement pour la dosimétrie biologique. 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. La présente recherche appuie les interventions d'urgence ainsi que le Plan national de dosimétrie biologique, qui est lié au Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire. (CP : Ruth Wilkins)

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. 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 ou 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 associée aux 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)

Identification des biomarqueurs de l'exposition au radon

Le gaz radon est un agent cancérogène 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 influer 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])

Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale (BSRSE)

Division de l'exposition et de la biosurveillance

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

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 la capacité de quantifier 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 de 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. 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)

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)

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)

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)

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)

Identification de substances inconnues dans les liquides de recharge et les vapeurs des cigarettes électroniques (ARC avec le BRS)

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 propylèneglycol, 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)

Identification des biomarqueurs d'exposition chez les consommateurs de produits du tabac et de vapotage (ARC avec le BRS)

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 propylèneglycol, 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. Une fois inhalées, ces substances peuvent être métabolisées dans l'organisme et se transformer en divers métabolites qui diffèrent des composés d'origine. Le présent projet vise à renforcer la capacité de Santé Canada de prévoir et d'analyser les métabolites potentiels (biomarqueurs) des substances contenues dans les liquides à vapoter. Les résultats du projet seront utilisés dans le cadre de la surveillance des biomarqueurs chez les utilisateurs de cigarettes électroniques et les consommateurs d'autres nouveaux produits de vapotage assurant un apport en nicotine. (CP : Cariton Kubwabo)

Pharmacocinétique *in vitro* aux fins d'interprétation des données à haut débit (2e 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. Les travaux sont effectués par une entreprise externe, et les résultats seront utilisés par des scientifiques de Santé Canada pour élaborer des études de cas sur l'application des données obtenues par criblage à haut débit *in vitro* à des fins de réglementation. (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)

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)

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, et des publications scientifiques en libre accès ont été diffusées depuis. (CP : Andy Nong)

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 : Rocio Aranda-Rodriguez)

Toxicocinétique *in vitro* pour l'interprétation des données (ARC avec le BERSE/BQEA)

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)

Analyse des aérosols générés par les produits de vapotage (ARC avec le BRS)

Les produits de vapotage électroniques sont des dispositifs à piles conçus pour produire des aérosols qui sont inhalés par l'utilisateur. Les aérosols, qui sont obtenus à partir d'un liquide contenu dans un réservoir ou une cartouche, sont généralement constitués de propylèneglycol, de glycérol, de nicotine et de divers arômes. Le profil et la composition chimiques de ces aérosols dépendent largement du type de liquide de recharge (liquide à vapoter) utilisé et des conditions de fonctionnement (température, puissance électrique, etc.) des dispositifs de vapotage. Des études antérieures ont révélé que certains produits chimiques présents dans les liquides à vapoter et les aérosols pouvaient avoir des effets nocifs sur la santé de l'utilisateur. Des études sur l'utilisation de ces dispositifs à des températures très élevées ou dans d'autres conditions extrêmes ont aussi révélé la présence de produits chimiques ayant des

effets nocifs connus sur la santé humaine. Le présent projet vise à mettre au point des méthodes permettant de mesurer les carbonyles présents dans les aérosols générés par les dispositifs de vapotage actuellement vendus au Canada et d'étudier la transformation des liquides à vapoter durant le processus de vapotage par la caractérisation ouverte des produits de transformation présents dans les aérosols du vapotage provenant des divers composants. Le projet s'intéresse spécifiquement à la relation entre les paramètres des dispositifs de vapotage et la génération d'aldéhydes. Le projet produira un ensemble de données établissant un lien entre la génération de carbonyles et les dispositifs de vapotage, les paramètres utilisés et les conditions de vapotage. Les données issues du projet seront transmises au Bureau de la recherche et de la surveillance (BRS) de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (DGSCC) pour appuyer la prise de décisions concernant les effets nocifs relatifs des produits de vapotage et pour aider à définir les orientations réglementaires et politiques à venir. Les conditions établies dans le cadre du projet pourraient devenir une méthode normalisée utilisée par le BRS pour analyser un large éventail de produits de vapotage vendus sur le marché canadien. (CP : Yong-Lai Feng)

Identification des phases des nanopoudres d'oxyde métallique achetées auprès de distributeurs en ligne (ARC avec le BECSN)

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)

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)

Division de l'identification du risque

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)

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)

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 cancérogènes. 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)

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 avoir le même effet que l'hormone du stress sur 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 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. Par ailleurs, des méthodes novatrices permettant de déterminer les molécules 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)

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

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 structurelles 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)

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)

Un système d'analyse de l'exposition des cellules pulmonaires aux microplastiques dans des conditions qui reproduisent les expositions réelles chez l'humain (ARC avec le BQEA)

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 des caractéristiques des particules 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 vapotage, 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)

Évaluation des nouvelles substances chimiques préoccupantes utilisées comme substances de remplacement et de certaines substances chimiques du PGPC3 au moyen d'essais *in vitro* sur la toxicité endocrinienne (projet d'équipe des IRSC)

Les répercussions potentielles sur la santé liées à l'utilisation répandue des substances chimiques soupçonnées de provoquer une perturbation du système endocrinien préoccupent de plus en plus les scientifiques et la population. Les mesures réglementaires et les pressions exercées par les consommateurs ont entraîné une diminution de l'utilisation d'un certain nombre de perturbateurs endocriniens, dont les pentabromodiphényléthers (PBDE; ignifugeants), le bisphénol A (BPA) et le phtalate de diéthylhexyle (DEHP). En réponse à ces préoccupations, un grand nombre de substances chimiques ont été introduites sur le marché comme substances de remplacement; or, certaines de ces substances de remplacement peuvent présenter des risques semblables à ceux des produits qu'elles remplacent en raison de ressemblances structurelles ou fonctionnelles. La présente 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 résultats permettront d'établir les risques potentiels associés à ces substances de remplacement et aideront à trouver des solutions de rechange moins toxiques. (CP : Mike Wade)

Division des études mécanistes

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)

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 (génotoxicité). 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)

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

Les micro-organismes 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) s'apparentent parfois à ceux qui causent des infections chez les humains. La présence de certains caractères de pathogénicité au niveau des souches pourrait poser de graves problèmes en ce qui a trait à la gestion des risques. Ainsi, pour que des données utiles soient disponibles aux fins de l'évaluation des risques, il est important de mettre en place des protocoles fiables d'analyse de la pathogénicité. Le présent projet consiste à mettre au point des méthodes claires et graduelles pour vérifier les effets des nouveaux micro-organismes destinés à un usage en biotechnologie. À l'heure actuelle, il n'existe aucune méthode de laboratoire normalisée pour l'analyse de la pathogénicité d'agents pathogènes opportunistes. Cependant, la mise au point de ce type de méthode est urgente, car il faut réduire le fardeau de la réglementation découlant du nombre de documents non uniformes soumis par l'industrie et aider les responsables de la réglementation à guider les intervenants de l'industrie de la biotechnologie lorsqu'ils avisent Santé Canada que de nouveaux micro-organismes seront importés ou fabriqués au Canada. De plus, avec l'évolution rapide des connaissances et les progrès technologiques, il est possible, voire nécessaire, de mettre au point des modèles plus sensibles et plus rapides. Ces nouvelles méthodes sont essentielles, car même si les modèles d'essai actuels permettent d'identifier des micro-organismes très infectieux, ils donnent des résultats incertains pour les micro-organismes moins infectieux qui sont à l'origine de maladies seulement chez les personnes immunodéprimées (p. ex. les enfants, les personnes âgées et les personnes atteintes de maladies chroniques). Ces méthodes garantiraient que les personnes les plus vulnérables au sein de la population sont prises en compte dans les évaluations des risques. D'autres progrès ont été réalisés, notamment la culture de cellules de mammifères en trois dimensions, qui vise à détecter plusieurs indicateurs de toxicité se manifestant au cours d'une infection, ce qui pourrait éliminer la nécessité de recourir à l'expérimentation animale. En outre, en l'absence d'une méthodologie adéquate, on étudiera des options visant à détecter les micro-organismes vivants dans les produits de biotechnologie qui se composent de mélanges microbiens. Au bout du compte, la mise au point de méthodes d'analyse des micro-organismes et de nouveaux modèles de laboratoire faciliteront grandement la prise de décision fondée sur les données scientifiques pour les responsables de la réglementation et les évaluateurs, tout en garantissant des produits de biotechnologie plus sûrs pour les consommateurs. (CP : Azam Tayabali)

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. 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 toxicité des nanoparticules ayant subi une transformation atmosphérique dans des atmosphères expérimentales simulées sera aussi évaluée. 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)

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^{o} 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^{o} 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 antérieurs permettent de croire qu'il serait possible d'utiliser des cellules germinales prélevées dans les testicules plutôt que dans le sperme et d'effectuer l'analyse des mutations de cellules somatiques et germinales au même moment. Toutefois, des doutes subsistent quant à la période optimale. Il faudra obtenir plus de données avant de pouvoir formuler des recommandations à ce sujet et mettre à jour la ligne directrice n^{o} 488. Les travaux réalisés dans le cadre du présent projet ont généré des données essentielles qui ont récemment amené l'OCDE à mettre à jour la ligne directrice n^{o} 488 en ce qui concerne la méthode recommandée pour l'évaluation de la mutagénicité sur les cellules germinales. Les travaux ont également des répercussions sur les essais sur les tissus somatiques, car ils proposent une

période de temps unique après laquelle les mutations de cellules somatiques et germinales peuvent être analysées avec une sensibilité similaire. D'autres travaux sont en cours pour démontrer la pertinence de cette période de temps unique pour les essais de mutagénicité, tant en ce qui concerne les tissus somatiques que les cellules germinales. Cette stratégie d'essais intégrés permettra de réduire considérablement le nombre d'animaux nécessaires aux essais. (CP : Francesco Marchetti)

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 micro-organismes employés dans le domaine des biotechnologies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). Il est notamment responsable des micro-organismes 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 nettoyants 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 micro-organismes inscrits sur la LIS et à donner un aperçu de la quantité de micro-organismes présents dans les résidences où des produits de nettoyage microbiens sont utilisés comparativement à la quantité de micro-organismes présents dans les résidences où l'on utilise des produits de nettoyage chimiques. (CP : Phil Shwed)

Essais d'absorption cutanée de substances chimiques d'intérêt prioritaire, existantes et nouvelles, dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques

Plusieurs substances devant faire l'objet en priorité de mesures plus poussées dans le cadre de la troisième phase du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) sont présentes dans les produits de soins personnels, les cosmétiques, les peintures et les produits d'entretien ménager. La principale voie d'exposition à ces substances est la peau. La présente étude vise principalement à évaluer le potentiel d'absorption cutanée de substances d'intérêt prioritaire ainsi qu'à orienter et à améliorer les scénarios d'exposition connexes; elle ne s'intéresse pas aux répercussions potentielles de ces expositions sur la santé. L'étude a été menée en deux phases : la première phase (exercice 2016-2017) consistait à analyser le potentiel d'absorption cutanée d'une substance chimique (n° CAS 81-48-1, une anthraquinone) présente dans des produits pour la peau. Au cours de la seconde phase (exercice 2017-2018), six parabènes différents ont été analysés : l'isopropylparabène (n° CAS 4191-73-5), l'isobutylparabène (n° CAS 4247-02-3), le méthylparabène (n° CAS 99-76-3), l'éthylparabène (n° CAS 120-47-8), le propylparabène (n° CAS 94-13-3) et le butylparabène (n° CAS 94-26-8). En 2018-2019, deux autres substances d'intérêt prioritaire ont été analysées : le citral (n° CAS 5392-40-5) et l'alpha-pinène (n° CAS 80-56-8). Les données relatives au potentiel d'absorption

cutanée d'une substance chimique ne sont pas disponibles pour un grand nombre de substances chimiques. Le projet vise à générer des données sur l'absorption cutanée afin d'établir les taux d'absorption cutanée pour certaines substances fréquemment utilisées dans les produits de consommation. (CP : Sabina Halappanavar)

Utilisation de profils d'expression génique pour faciliter la lecture croisée de 24 SPFA d'intérêt prioritaire (ARC avec le BQEA)

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 et pour faciliter la lecture croisée dans le cadre de l'évaluation des risques pour la santé humaine; 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)

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])

Mise au point de méthodes d'identification et d'évaluation des dangers associés aux micro-organismes liés à la biotechnologie : évaluation de la virulence des agents pathogènes humains opportunistes présents dans les mélanges microbiens (ARC avec le BECSN)

Les micro-organismes sous forme de mélanges hétérogènes sont généralement présentés aux organismes de réglementation comme des micro-organismes individuels (c.-à-d. une déclaration par micro-organisme). À l'heure actuelle, une grande incertitude entoure la manière dont les agents pathogènes expriment leur virulence dans ces mélanges comparativement aux cultures homogènes. Le présent projet, qui s'inscrit dans une démarche ayant pour but d'éclaircir l'effet des mélanges sur la pathogénicité, vise à établir une méthode systématique d'analyse de la virulence de plusieurs agents pathogènes connus ayant été étudiés dans des cultures homogènes en comparaison avec un composant dans un mélange de micro-organismes. Cette méthode pourrait éventuellement être utilisée sur tout type de mélange microbien susceptible de faire l'objet d'applications biotechnologiques commerciales. (CP : Azam Tayabali)

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 pendant 30 à 60 jours. 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 fonctionnelle sera mise au point à l'aide

de cellules immunitaires pour reproduire le mécanisme infectieux de micro-organismes étroitement apparentés à la menace biologique connue, *Bacillus anthracis*, qui cause la maladie du charbon. Étant donné que *Bacillus anthracis* infecte des globules blancs spécifiques appelés « macrophages », l'évaluation portera sur des souches biotechnologiques de *Bacillus* qui sont apparentées de près ou de loin. 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)

Évaluation des méthodes *in vitro* destinées à éclaircir les différences sur le plan de la toxicité entre les variantes de particules de nanosilice nouvellement synthétisées dans le but de faciliter la lecture croisée dans l'évaluation des risques liés aux nanoparticules (ARC avec le BECSN)

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 particules de nanosilice. En général, les essais de viabilité cellulaire *in vitro* comprennent une évaluation du rendement des mitochondries. Des observations précédentes indiquent une localisation subcellulaire de particules de nanosilice 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 présents travaux visent à analyser par TEM la localisation subcellulaire d'un nouvel ensemble synthétisé de variantes de particules de nanosilice vierges et à surface modifiée dans les macrophages, de même qu'à évaluer les effets de la modification de la surface et de la taille sur l'internalisation des particules. Les travaux visent aussi à analyser le stress oxydatif en suivant les modifications des protéines mitochondriales à la suite de leur exposition à des particules de nanosilice non poreuse. 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 particules de nanosilice 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 Kumarathasan)

Élaboration et application de stratégies d'essai adaptées et fondées sur les voies associées aux 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* (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 associées aux 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)

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

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (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 mutagénicité 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 utilisons des approches informatiques pour analyser les mutations induites et dégager les tendances qui sont propres à chaque substance chimique et qui sont associées à des maladies génétiques comme le 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 d'un outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité (OAIEG) (ARC avec le BECSN)

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 efficiente, 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 (géno)toxicité. (CP : Paul White)

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)

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 (ARC avec le BQEA)

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)

Évaluation de la toxicité *in vitro* des nanoformes de l'oxyde de zinc (ARC avec le BECSN)

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. Les critères d'effet toxicologique utilisés dans l'évaluation de la cytotoxicité comprendront la viabilité cellulaire, l'activité métabolique, l'intégrité de la membrane, le stress oxydatif et l'inflammation. L'association entre la puissance de la cytotoxicité des formes nanométriques de l'oxyde de zinc et leurs propriétés physico-chimiques sera également étudiée, et les mécanismes de toxicité seront examinés à l'appui des processus d'évaluation des risques du BECSN. (CP : Premkumari Kumarathasan; Azam Tayabali).

Division des études sur la population

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

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 de l'air ambiant. L'ITAS mesure les variations quotidiennes des décès non accidentels, dont les décès attribuables aux 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'outil est fondé sur les données de 22 à 24 grands centres urbains un peu partout au Canada et rend compte des différences géographiques dans les niveaux de pollution atmosphérique, les risques pour la santé et les risques pour le climat. Les rapports et les mises à jour de l'ITAS sont publiés sur le site Web d'Environnement et Changement climatique Canada, où ils sont accessibles au public canadien depuis 2011. L'ITAS sera bonifié à cinq égards : la période d'étude, le nombre de villes, les résultats pour la santé, les sous-populations et la perspective quant à l'exposition à court terme. Des données sur la santé plus récentes, soit de 2013 à 2015, et d'autres villes ont été intégrées dans l'étude de manière à fournir des estimations plus fiables et moins biaisées des risques pour la santé publique. Les hospitalisations quotidiennes, qui représentent environ 10 fois le taux de mortalité quotidienne, sont maintenant suivies parallèlement à la mortalité, ce qui permet aux chercheurs d'obtenir 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 qu'elles soient plus vulnérables à la pollution atmosphérique. Enfin, l'exposition à la pollution atmosphérique peut se faire à court terme ou à long terme : cependant, il n'existe pas de définition consensuelle de ces deux concepts. L'établissement de définitions claires et définitives selon l'objet de l'étude permettra aux chercheurs de déterminer les effets de l'exposition à court terme à la pollution. Puisqu'il s'agit d'une étude continue, de nouveaux modèles statistiques avancés sont en train d'être mis au point pour que l'on puisse mieux comprendre les décès et les hospitalisations attribuables à l'exposition concomitante à deux polluants atmosphériques et ainsi estimer le risque combiné qu'ils posent pour la santé. La mise au point d'un modèle multi-polluants à plusieurs variables constituera le principal ajout de la quatrième mise à jour de l'ITAS. (CP : Hwashin Shin)

Étude d'intervention sur l'efficacité des conseils découlant de la Cote air santé (CAS) chez un groupe de sujets porteurs d'un défibrillateur automatique implantable à Toronto

La Cote air santé (CAS) est un outil de communication des risques ayant pour but de renseigner la population sur l'état de la qualité de l'air actuel et à venir. Bien que la CAS ait été très utilisée pendant plusieurs années, peu de travaux de recherche ont été réalisés en vue de caractériser les avantages qui peuvent résulter de l'application des conseils découlant de la CAS. Le présent projet comprend une étude épidémiologique par panel, selon un plan d'étude croisé randomisé, qui vise à examiner l'efficacité réelle de la CAS en tant que mesure d'intervention destinée à réduire les risques cardiovasculaires. Le groupe à l'étude, constitué de 18 sujets porteurs d'un défibrillateur automatique implantable (DAI) qui vivent et qui travaillent dans la région de Toronto, a été suivi pendant un maximum de 10 semaines au cours de l'été et de l'automne de 2016 ou de 2017; la pression artérielle, le rythme cardiaque et la saturation en oxygène ont été mesurés avant et après une marche de 30 minutes à l'extérieur. Les concentrations horaires ambiantes en ozone, en dioxyde d'azote, en particules fines ($PM_{2,5}$), en dioxyde de soufre et en monoxyde de carbone ont aussi été mesurées, et la CAS a été calculée d'après ces données. Les journées où la CAS était égale ou supérieure à 5, on a demandé aléatoirement à la moitié des sujets de faire de l'exercice à l'intérieur. L'exposition quotidienne des sujets aux polluants atmosphériques a été estimée au moyen d'un système d'information géographique fondé sur les codes postaux résidentiels. Les résultats ont révélé que la pollution atmosphérique à Toronto était étroitement liée à la détérioration des paramètres cardiovasculaires chez les sujets porteurs d'un DAI et que l'application des conseils fondés sur les valeurs de la CAS visant à réduire l'exposition à la pollution de l'air pouvait aider à réduire la détérioration des paramètres cardiovasculaires. Les résultats ont aussi montré que la pratique d'une activité physique légère tous les jours pouvait se traduire par une amélioration de la fonction cardiovasculaire chez cette cohorte de sujets porteurs d'un DAI au bout de 70 jours. L'importance de l'étude réside dans le fait qu'on a utilisé une observation clinique objective pour vérifier l'efficacité d'un outil de communication des risques chez une population vulnérable. Les résultats pourraient être utilisés dans le cadre d'activités de sensibilisation des patients et des professionnels de la santé. (CP : Ling Liu; Dave Stieb)

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 (NO_2) 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 NO_2 était associée de façon significative à la morbidité par cardiopathie ischémique, alors que l'exposition à long terme au NO_2 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 NO_2 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 NO_2 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 NO_2 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)

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)

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 (2021-2024)

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 mesures physiques, cette enquête permanente 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 et les tendances de référence relatives aux substances chimiques de 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 2019-2020 figuraient : 1) la publication du Cinquième rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada, qui comprenait des données sur 99 substances chimiques de l'environnement (p. ex. autres plastifiants, pesticides et composés organiques volatils) recueillies auprès d'environ 5 800 Canadiens âgés de 3 à 79 ans au cours du cycle 5 (2016-2017); 2) l'achèvement de la collecte d'échantillons pour le cycle 6 (2018-2019); 3) la publication de deux articles clés : une évaluation à jour des données de biosurveillance de l'ECMS selon le contexte de risque et la toute première analyse à l'échelle régionale des données comparant les concentrations de plusieurs substances chimiques en Ontario, au Québec et dans le reste du Canada; 4) l'organisation et la présidence de la deuxième réunion du Réseau international de biosurveillance en août 2019; 5) l'amélioration des méthodes d'analyse de certaines substances chimiques jugées prioritaires aux fins de la biosurveillance au cours du cycle 7; 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; 7) l'achèvement de l'analyse des données visant à déterminer les facteurs démographiques, environnementaux et liés au style de vie associés à la présence dans le sang de concentrations de plomb et de benzène. (CP : Annie St-Amand)

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)

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 (O_3), de dioxyde d'azote (NO_2) 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)

Exposition de longue durée à la pollution atmosphérique industrielle et incidence de l'asthme infantile : étude de cohorte de naissance dans la population

Les émissions industrielles contribuent grandement à la pollution de l'air ambiant en faisant augmenter les concentrations locales et régionales de polluants atmosphériques. Toutefois, il existe encore peu d'information sur les répercussions des émissions industrielles canadiennes sur la santé. L'asthme est la maladie chronique la plus répandue chez les enfants canadiens. Dans la présente étude, Santé Canada a collaboré avec l'Institut national de santé publique du Québec et l'Université de Montréal pour former une cohorte de naissance dans la population du Québec à l'aide des bases de données administratives sur la santé et ainsi étudier l'incidence de l'asthme chez les enfants. Les chercheurs ont analysé les concentrations ambiantes d'émissions industrielles de particules fines ($PM_{2,5}$), de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote à l'aide d'un modèle de dispersion des polluants qui incorpore les données météorologiques et les données sur l'utilisation des terres. Les concentrations de polluants dans l'air ambiant ont été couplées avec les données sur le lieu de résidence des enfants pour estimer l'exposition de longue durée aux polluants atmosphériques découlant des émissions industrielles. Des modèles de

régression ont ensuite été élaborés pour étudier le risque d'asthme associé à l'exposition aux polluants atmosphériques, lesquels ont été ajustés en fonction du statut socio-économique et de la fumée de tabac ambiante. Les modèles ont également été ajustés afin de tenir compte des émissions liées à la circulation automobile et des matières particulaires régionales, et ainsi de réduire les erreurs de classification des expositions. Les résultats ont révélé que l'exposition aux polluants atmosphériques présents dans les rejets industriels présentait une association significative avec l'apparition de l'asthme chez les enfants. Les résultats de la présente étude s'ajouteront au poids de la preuve dans l'établissement de courbes concentration-réponse concernant l'exposition de longue durée à la pollution industrielle. Les fonctions associées au risque découlant du présent projet aideront à estimer les coûts et les avantages de la réduction de l'incidence de l'asthme par des mesures destinées à diminuer le rejet de polluants industriels dans l'air. (CP : Ling Liu)

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, pyréthrinoïdes) 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 : Tye Arbuckle)

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

Ce nouveau volet longitudinal de la plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) portera sur l'évolution temporelle de la santé métabolique des mères participant 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 d'information, aideront Santé Canada à mieux comprendre l'influence possible des expositions aux perturbateurs endocriniens au début de la vie et durant l'enfance sur le métabolisme, la croissance (p. ex. obésité) et l'apparition et la progression de la puberté, ainsi qu'à déterminer 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. Pour ce faire, les chercheurs prélèveront de nouveaux échantillons biologiques qu'ils soumettront à des analyses visant à détecter la présence d'hormones et de substances chimiques, réaliseront des examens médicaux cliniques sur les mères et leurs enfants, et feront passer des questionnaires visant à recueillir des données tant sur les mères que sur la cohorte d'enfants à des âges clés du développement pubertaire, à savoir 7-9 ans, 10-12 ans et 13-15 ans. En outre, les chercheurs analyseront des échantillons d'urine prélevés au cours du premier trimestre, 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. L'étude est conçue pour incorporer des analyses en fonction de l'âge et du sexe. Le projet se traduira par de nouvelles méthodes d'analyse des substances chimiques émergentes et par de nouvelles connaissances sur l'exposition cumulative aux mélanges de substances chimiques et leurs effets potentiels sur la santé des populations vulnérables à divers stades critiques de la vie, ce qui appuiera les politiques d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Tye Arbuckle)

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 2018-2019, quatre 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 dans plusieurs régions du Nord (au Yukon, aux Territoires du Nord-Ouest et au Nunavik), 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)

Stress oxydatif, inflammation et modifications cardiovasculaires associés au potentiel oxydant des particules grossières, fines et ultrafines dans l'air ambiant

Les particules dans l'air ambiant constituent un mélange complexe d'éléments de tailles et de compositions diverses. Le stress oxydatif et l'inflammation sont considérés comme des voies pathogènes importantes qui favorisent les maladies associées aux particules. On a donc émis l'hypothèse selon laquelle le potentiel oxydant est une propriété intégrante des particules qui déclenche le stress oxydatif et l'inflammation dans l'organisme. Santé Canada mène actuellement une étude pour déterminer comment le potentiel oxydant et les constituants chimiques des particules grossières, fines et ultrafines pouvaient influencer le stress oxydatif, l'inflammation et les mesures cardiovasculaires. Les chercheurs ont réalisé une étude clinique au cours de laquelle des volontaires en bonne santé étaient exposés à des particules de différentes classes granulométriques dans un milieu contrôlé; la masse et la composition des particules utilisées pour ces expositions étaient prédéterminées. Les particules provenaient d'une rue du centre-ville de Toronto, et des données ont été recueillies sur les types et les comptages de circulation durant les expositions. Avant et après chaque exposition, des mesures cardiovasculaires ont été effectuées, notamment la variation de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque, et des échantillons de sang et d'urine ont été recueillis en vue d'une analyse des biomarqueurs du stress oxydatif et de l'inflammation. Les chercheurs ont évalué le potentiel oxydant des particules en fonction de la masse et des constituants métalliques, et ils s'emploient à analyser les associations entre, d'une part, le potentiel oxydant et les constituants des particules et, d'autre part, les modifications de la fonction cardiovasculaire et des cellules sanguines chez les participants. L'étude, qui complète les études épidémiologiques de Santé Canada sur le potentiel oxydant et les constituants métalliques des particules, aidera à vérifier les observations épidémiologiques. Comme la taille et la composition des particules varient d'une source de rejet à l'autre, la connaissance des constituants chimiques des particules, de leur potentiel oxydant et de leurs effets nocifs sur la santé humaine pourrait aider à cerner les sources d'émission de particules toxiques et à établir des stratégies prioritaires de contrôle des sources. (CP : Ling Liu)

Influence de la pollution atmosphérique sur les arythmies cardiaques potentiellement mortelles en Ontario, au Canada

La morbidité et la mortalité d'origine cardiaque sont plus élevées les jours de forte pollution atmosphérique. La façon exacte dont la pollution atmosphérique affecte le cœur est inconnue. Il est possible que la pollution atmosphérique perturbe le rythme cardiaque normal. La plupart des personnes qui présentent un risque d'arythmie cardiaque potentiellement mortelle portent sous leur peau, au niveau de la poitrine, un appareil qui permet de détecter un rythme cardiaque anormal et d'envoyer une décharge électrique au cœur, au besoin, pour rétablir le rythme cardiaque normal; on appelle cet appareil « défibrillateur automatique implantable » (DAI). Pour étudier l'influence des variations quotidiennes de la pollution atmosphérique en Ontario (Canada) sur la fréquence des décharges électriques administrées par les DAI, les chercheurs ont comparé les niveaux de pollution de l'air ambiant les jours où les défibrillateurs ont administré des décharges et les jours sans décharge du même mois et de la même année. Chez les 10 320 patients porteurs d'un DAI, les niveaux de pollution atmosphérique avaient été sensiblement les mêmes les jours avec arythmie cardiaque et les jours sans arythmie cardiaque. Les niveaux de pollution atmosphérique observés dans l'étude ne semblent pas avoir été un facteur de risque d'arythmie cardiaque potentiellement mortelle chez les patients porteurs d'un DAI. (CP : Bob Dales)

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)

Exposition aux polluants de l'air ambiant et apparition des démences : étude de cohorte administrative au Québec

Les effets des polluants atmosphériques ont été liés au stress oxydatif, qui intervient également dans la pathogenèse des démences, notamment la maladie d'Alzheimer et les troubles connexes. En collaboration avec l'Institut national de santé publique du Québec et l'Université de Montréal, Santé Canada a évalué le risque, chez la population du Québec, de présenter une démence après une exposition de longue durée aux polluants atmosphériques. Le risque de démence associé au fait de vivre à proximité d'une route principale a également été évalué pour l'île de Montréal. Les chercheurs ont créé une cohorte constituée d'adultes âgés de 65 ans et plus dans la province du Québec (Canada), pour la période débutant en 2000 et se terminant en 2012, à partir de bases de données médico-administratives couplées utilisées pour définir les nouveaux cas de démence. Les concentrations de dioxyde d'azote et de particules fines ($PM_{2,5}$) dans l'air résidentiel ont été estimées pour chaque année du suivi à l'aide d'images satellites et de données sur la surveillance de l'air sur le terrain. Les risques de démence associés au niveau d'exposition annuelle aux polluants à chaque adresse résidentielle ont été évalués à l'aide de techniques de modélisation statistique et ajustés en fonction de l'âge et du sexe. Les modèles ont également été ajustés en fonction de l'année civile, des conditions socio-économiques du quartier et du tabagisme. Les résultats statistiques révèlent qu'une augmentation de l'exposition au dioxyde d'azote et aux $PM_{2,5}$ et une distance moindre entre le domicile et les routes principales étaient associées à un risque accru de démence. Les résultats de l'étude s'ajouteront au corpus de données probantes sur l'association entre l'exposition de longue durée de la population canadienne aux polluants atmosphériques et les effets nocifs sur la santé. (CP : Rick Burnett; Ling Liu)

Évaluation des associations entre l'exposition aux polluants atmosphériques et l'apparition de maladies chroniques au Québec

Plusieurs études ont révélé des associations entre l'exposition de longue durée aux particules fines ($PM_{2,5}$) à l'échelle régionale et la survenue de l'hypertension et des diabètes de type 1 et 2. Cependant, aucune étude n'a porté sur les associations entre les $PM_{2,5}$ provenant de sources ponctuelles industrielles locales, qui peuvent être d'importants émetteurs de $PM_{2,5}$ dans certaines collectivités. En collaboration avec l'Institut national de santé publique du Québec, l'Université de Montréal et l'Université de Toronto, Santé Canada a étudié les associations entre l'exposition aux $PM_{2,5}$ provenant de sources régionales et industrielles et les risques d'hypertension et de diabète dans des cohortes de

populations d'adultes du Québec (Canada). Les chercheurs ont créé une cohorte ouverte d'adultes âgés de plus de 20 ans vivant au Québec (Canada) et ne présentant pas d'hypertension ni de diabète. Ils ont suivi la population de 2000 à 2015 et enregistré les nouveaux cas d'hypertension et de diabète. Les données sur les émissions industrielles ont été tirées de l'Inventaire national des rejets de polluants, et l'exposition annuelle des participants aux polluants atmosphériques résultant des émissions industrielles dans l'air ambiant a été estimée à l'aide du modèle de dispersion CALPUFF. Des estimations par satellite ont servi à évaluer les niveaux régionaux de pollution de l'air. Toutes les données sur la pollution ont été liées au lieu de résidence des participants. Pour estimer les associations entre l'exposition de longue durée et l'incidence de la maladie, les chercheurs ont utilisé des modèles des risques proportionnels de Cox avec l'âge sur l'axe de temps (stratification selon le sexe), et les données ont été ajustées pour tenir compte de la défavorisation sociale et matérielle du secteur et de l'année civile. Les modèles comprenaient des splines pour les concentrations de $PM_{2,5}$ variant au fil du temps. Les résultats révèlent que les sources régionales et industrielles d'exposition aux $PM_{2,5}$ en milieu résidentiel sont toutes deux associées de façon indépendante à l'incidence de l'hypertension et du diabète. Les résultats de l'étude s'ajouteront au corpus de données probantes sur l'association entre l'exposition de longue durée de la population canadienne aux polluants atmosphériques et les effets nocifs potentiels sur la santé. (CP : Rick Burnett; Ling Liu)

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])

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)

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

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est un trouble du développement complexe 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. La présente étude associe les 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)

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, qui résume les risques individuels associés à trois polluants atmosphériques majeurs, soit l'ozone troposphérique, le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules fines ($PM_{2,5}$), doit être mise à jour 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. Dans l'ensemble, la présente étude vise à fournir de nouveaux renseignements à l'appui de la prévision des effets néfastes sur la santé des trois polluants atmosphériques étudiés. (CP : Hwashin Shin)

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. La plateforme POLYPHEMUS, qui comporte des composantes de modèles de dispersion et de transport de substances chimiques, sera utilisée 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 seront estimés par combinaison du modèle gaussien et du modèle de transport de substances chimiques pour cette période. 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)

Associations entre les composés organiques volatils dans le sang et les changements dans les profils hématologiques et biochimiques dans une étude en population

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)

Association entre la pollution atmosphérique et les hospitalisations chez les patients atteints de lupus érythémateux disséminé au Chili : une analyse des séries chronologiques quotidiennes

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)

Facteurs influençant les composés organiques volatils dans les foyers canadiens

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques, pour la santé des Canadiens, associés à l'exposition à des produits et à des substances chimiques dans l'environnement. Les composés organiques volatils (COV) appartiennent à un groupe de substances chimiques à base de carbone qui s'évaporent dans l'air à la température ambiante, qui peuvent être inodores et qui comportent des temps de dissipation divers. Plusieurs COV ont été associés à des effets néfastes sur la santé humaine (dont l'irritation des muqueuses, les maux de tête et le cancer), et il existe de nombreuses sources possibles de COV en milieu résidentiel intérieur. La présente étude a analysé les données tirées de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) (2009-2011), une étude transversale en population menée au Canada, afin de déterminer les caractéristiques du logement (comme la présence d'un garage attenant ou la réalisation de rénovations résidentielles) et les comportements des occupants (comme le fait d'ouvrir les fenêtres ou d'utiliser des produits de soins personnels) qui influencent l'exposition résidentielle aux COV. Les résultats de l'étude montrent que les ménages où l'on compte un fumeur quotidien présentaient des concentrations de COV liés à la fumée de tabac supérieures, tandis que les maisons de plus de 50 ans présentaient des concentrations supérieures de la plupart des COV évalués. Les résidences comportant un garage attenant présentaient des concentrations de COV liés à la circulation routière supérieures à celles qui n'en avaient pas, et les résidences ayant récemment fait l'objet de travaux de rénovation, de peinture, de teinture ou d'installation de tapis ou celles où l'on avait fait brûler des chandelles récemment présentaient des concentrations de divers COV plus élevées que les résidences n'ayant pas fait l'objet de tels travaux ou d'utilisation de chandelles. L'étude a révélé plusieurs facteurs de risque modifiables associés à l'exposition, ce qui semble indiquer que l'exposition de la population aux COV dépend, en grande partie, de facteurs sur lesquels chaque résident peut exercer un contrôle, contrairement à l'exposition à la pollution de l'air ambiant. Les résultats de l'étude contribuent au corpus croissant de données probantes sur les concentrations de COV courants dans les résidences au pays et semblent indiquer des approches possibles quant à la façon dont les Canadiens peuvent exercer un contrôle sur leur exposition aux COV à leur domicile. (CP : Sabit Cakmak)

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

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)

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)

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 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)

Élaboration d'un modèle national d'exposition aux $PM_{2,5}$ provenant de la fumée dégagée par les feux de forêt

La fumée des feux de forêt est de plus en plus reconnue comme une source importante d'exposition à la pollution atmosphérique, et le nombre de feux de forêt risque d'augmenter en raison des changements climatiques. En outre, de plus en plus de données probantes révèlent l'existence d'un lien entre la pollution atmosphérique dégagée par les feux de forêt et les effets néfastes pour la santé, bien que des lacunes subsistent. Les études réalisées à l'aide de vastes bases de données nationales sur la santé sont des outils puissants pour combler ces lacunes, mais elles nécessitent des données sur l'exposition à l'échelle nationale. Les nouvelles études nationales et les données sur l'exposition peuvent aussi éclairer directement les communications publiques, comme la Cote air santé (CAS), ainsi que les évaluations nationales de la mortalité et de la morbidité attribuables à la fumée des feux de forêt. La présente étude permettra d'élaborer un modèle national d'exposition à la fumée dégagée par les feux de forêt fondé sur les concentrations de particules fines ($PM_{2,5}$) au moyen de stations de surveillance au sol, de la classification des forêts, de la télédétection des feux, de la météorologie et de l'altitude. Le modèle s'inspirera d'un modèle existant en Colombie-Britannique qui a fourni des données sur l'exposition pour des études épidémiologiques et qui a servi de fondement au système de surveillance de l'asthme en Colombie-Britannique (BCAMS). Les données du modèle seront accessibles aux fins de l'établissement de liens dans des études épidémiologiques. (CP : Dave Stieb)

Bureau de la radioprotection (BRP)

Division de la surveillance du rayonnement et des évaluations de santé

Contre-mesures médicales pour le dépôt dans les poumons (PCSS)

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)

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 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. (CP : Trevor Stocki; Birgit Braune [ECCC])

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

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'infiltre 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. (CP : Jing Chen; Naomi Harley)

Étude pilote à Chelsea (Québec) visant à déterminer les concentrations de radon et de radionucléides dans l'eau

L'exposition à long terme 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. Dans ses lignes directrices sur le radon (Rn), Santé Canada recommande la prise de mesures correctives lorsque la concentration de radon dans l'air intérieur dépasse 200 becquerels par mètre cube. La concentration totale de radon dans l'air intérieur d'une maison dépend généralement du sol environnant. Cependant, le radon dans l'eau de puits privés peut s'échapper et pénétrer dans la maison, augmentant considérablement la concentration de radon dans l'air intérieur. Les concentrations élevées de radon sont plus courantes dans l'eau des puits profonds que dans l'eau des puits de surface. La présence de radon et d'uranium dans l'eau potable de Chelsea, au Québec, est un risque sanitaire reconnu contre lequel luttent les autorités sanitaires provinciales et municipales. La présente étude portait sur la mesure des concentrations de radon dans l'air et l'eau des résidences de Chelsea, au Québec. Les résultats indiquent que le radon provenant du sol est le principal facteur de la présence de radon dans l'air intérieur observé au sein de la cohorte d'étude. Les résultats indiquent également que le radon provenant de l'eau était un facteur moins important que prévu, mais qu'il pourrait tout de même augmenter la concentration de radon rejeté dans l'air à certains étages des résidences en fonction de l'utilisation de l'eau. Pour vérifier si les systèmes de traitement de l'eau posent un risque potentiel d'exposition en concentrant les radionucléides naturels, nous avons aussi mesuré les émissions gamma des filtres d'eau. Bien que, dans certains cas, les doses aient été beaucoup plus élevées que le rayonnement gamma de fond, aucun scénario d'exposition importante des occupants n'a été observé. Une analyse approfondie a permis de détecter principalement des produits de désintégration à courte durée de vie issus de la chaîne de l'uranium. Dans l'ensemble, les résultats du présent projet pilote aideront à améliorer les directives de Santé Canada concernant la gestion des risques radiologiques associés au radon dans les sources d'eau publiques. (CP : Mathieu Brossard [DGORR, Québec]; Véronique Juneau [municipalité de Chelsea, Service de l'urbanisme et du développement durable]; Deepti Bijlani [BRP])

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'infiltre 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 du 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 [Conseil national de recherches du Canada]; Michel Gauthier [BRP]; Adelene Gaw [BRP])

Tests de détection du radon dans les résidences de la municipalité de St. Lawrence, à Terre-Neuve

Le gaz radon constitue un risque pour la santé humaine. En effet, l'exposition de longue durée par inhalation est la deuxième cause de cancer du poumon après le tabagisme. Le radon a été étudié partout dans le monde aussi bien dans les mines que dans l'air intérieur des maisons. St. Lawrence est une municipalité située sur la péninsule de Burin de Terre-Neuve-et-Labrador qui était un centre de l'exploitation minière commerciale de la fluorine au début des années 1930. La municipalité est depuis longtemps connue pour l'incidence élevée du cancer du poumon chez les mineurs de la fluorine, laquelle a alerté les responsables de la santé au sujet d'un risque possible de cancer. On a découvert que l'air des mines contenait de très fortes concentrations de gaz radon. À la fin des années 1970, la première enquête canadienne sur les concentrations intérieures de radon a révélé des concentrations élevées dans les habitations de la collectivité. Le gouvernement de la province de Terre-Neuve-et-Labrador a donné le feu vert à la réouverture des mines de fluorine à la suite de la découverte d'un nouveau gisement de fluorine qui rendrait l'exploitation minière de nouveau rentable. Santé Canada et la municipalité de St. Lawrence ont procédé à des tests exhaustifs de détection du radon en milieu intérieur en 2017-2018 pour créer une série de mesures de référence. On répétera les tests dans environ deux ans pour vérifier si d'importants changements sont survenus après la reprise de l'exploitation minière. La présente étude servira de modèle pour les autres collectivités minières en ce qui concerne la sensibilisation du public au radon et la promotion de la détection et de la réduction des concentrations de radon. L'étude appuiera aussi le mandat du Programme national sur le radon, qui prévoit la promotion de mesures ciblées de sensibilisation et de réduction des risques associés au radon dans les populations potentiellement vulnérables et exposées au radon. (CP : Lance Richardson-Prager [DGORR – Atlantique]; Allison Denning [DGORR – Atlantique]; Michel Gauthier [BRP])

Étude comparative des concentrations de radon dans les immeubles fédéraux et les résidences du Canada

L'exposition à long terme 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. Bien que l'on trouve du radon partout, le degré d'exposition varie selon l'emplacement géographique, la construction du bâtiment, la ventilation et le profil d'occupation. Dans le cadre de son Programme national sur le radon, Santé Canada a mené trois enquêtes de grande envergure sur le radon dans l'air intérieur afin de définir les concentrations présentes dans les bâtiments canadiens : l'une portait sur les milieux de travail du gouvernement fédéral, et les deux autres, sur les résidences privées. En 2018-2019, on a regroupé les données de ces trois enquêtes et d'autres enquêtes dans le but de caractériser l'exposition de la population canadienne au radon dans divers milieux intérieurs. Même si la plupart des milieux intérieurs à l'étude présentaient des concentrations inférieures au seuil maximal établi dans les lignes directrices canadiennes (200 becquerels par mètre cube), des concentrations supérieures au seuil maximal ont été observées dans 7 pour cent des résidences comparativement à seulement 2 pour cent des milieux de travail. Par ailleurs, une analyse a montré que les concentrations moyennes de radon dans l'air intérieur étaient 2 à 5 fois plus élevées dans les résidences que dans les écoles ou les milieux de travail. Comme les Canadiens de 15 ans et plus passent plus de 70 pour cent de leur temps à l'intérieur, à la maison (Statistique Canada, 2015), où les concentrations moyennes de radon sont les plus élevées, il est estimé que l'exposition à la maison est à l'origine de plus de 90 pour cent du risque de cancer du poumon induit par le radon. Les résultats des présents travaux mettent en relief le rôle important que les propriétaires de maison ont à jouer pour assurer leur protection et celle de leur famille, et ils montrent clairement que les activités d'éducation et de sensibilisation à l'égard du radon au Canada devraient se concentrer sur le soutien des tests et des mesures correctives dans les résidences. (CP : Jeff Whyte; personne-ressource : Jing Chen)

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)

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)

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 influer 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 Cottagirl [Université Carleton]; Tim Prendergast [Santé Canada]).

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 Krewksi)

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; CNRC : Jeff Whyte; Université d'Ottawa : Doug Coyle)

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)

Élaboration d'une voie associée aux 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 associée aux 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)

Dosimétrie d'urgence (Commission internationale de protection radiologique)

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 décorporation, 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)

Étude comportementale du Programme national sur le radon

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 trousses 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 trousses 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 trousses 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. (CP : Jane Howe [Deloitte Canada]; Kelley Bush, Katelyn Penstone)

Division de la surveillance du rayonnement

Réseau de surveillance en poste fixe

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 de Santé 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; Eric Pellerin)

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 Section de la surveillance nationale (SSN) 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 SSN 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])

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 des échantillons environnementaux à la Section de la surveillance nationale (SSN) du Bureau de la radioprotection. Ces échantillons font l'objet d'une analyse visant à déceler la présence 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

Le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICEN), adopté par l'Assemblée générale des Nations Unies en 1996, constitue une mesure 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 et des mesures de confiance. Le SSI comprend des stations et des laboratoires situés dans le monde entier, lesquels utilisent une des quatre technologies suivantes pour recueillir des données : 1) surveillance séismique; 2) surveillance des infrasons; 3) surveillance hydroacoustique; 4) surveillance des radionucléides. Dans le cadre du SSI, Santé Canada exploite quatre stations de surveillance des radionucléides et un laboratoire de radionucléides. Cette année a été marquée par les travaux associés à l'ajout d'une capacité d'analyse des gaz nobles au laboratoire de radio-isotopes du TICEN à Santé Canada pour respecter les nouvelles exigences du TICEN. Le laboratoire a amorcé une phase d'étalonnage et d'essai qui devrait se terminer à l'automne 2019-2020 avec la visite des autorités du TICEN en vue de l'octroi de la certification, laquelle était prévue à l'origine entre l'automne 2020 et le début de 2021. (CP : Kurt Ungar)

Détermination d'une empreinte chimique reliant le rejet non déclaré de ruthénium 106 en 2017 au retraitement avancé de combustible nucléaire

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). Concrètement, ces activités ont pris tout leur sens dans le contexte mondial à l'automne 2017, lorsque le rejet non déclaré et la détection de ruthénium 106 (^{106}Ru) partout en Europe ont mené à un effort international visant à déterminer les circonstances de l'événement. La DSR a mis à profit son expertise en modélisation du transport de matières dans l'air, avec l'appui du Centre météorologique canadien (CMC) d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), pour participer à l'effort international qui avait pour but de restreindre les origines géographiques possibles du rejet. Cependant, aucune donnée empirique directe n'a permis de déterminer la nature du rejet. Cela est attribuable à l'absence de signatures radiologique et chimique dans les matrices d'échantillons, compte tenu du fait que de telles signatures encodent l'historique et les circonstances associées au contaminant radioactif. Dans les cas limites comme celui-ci, la DSR a mis en œuvre une nouvelle méthode, à savoir l'utilisation de transformations chimiques sélectionnées, pour découvrir la nature chimique du contaminant radioactif lors d'une enquête nucléolégale. Dans le cadre de ce travail, la DSR a révélé une empreinte chimique nette qui relie de manière irréfutable le rejet de ^{106}Ru à une activité très précise de retraitement de combustible nucléaire. Les renseignements obtenus grâce à cet effort de plus de deux ans ont été communiqués aux principaux intervenants fédéraux, et ils se sont révélés importants à l'appui des efforts diplomatiques du Canada, y compris des réunions organisées par l'Agence internationale de l'énergie atomique et des activités du Groupe sur la sûreté et la sécurité nucléaires du G7. Les travaux ont récemment été terminés et ont mené à la publication d'un article dans la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences* des États-Unis. Ils constituent un ajout précieux au domaine des enquêtes nucléolégales et positionnent le Bureau de la radioprotection comme un chef de file et un innovateur mondial dans le domaine de la caractérisation de la radioactivité environnementale. (CP : Michael Cooke)

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 (le Canada [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)

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. On pourrait également avoir recours à un relevé par bateau pour comparer et étalonner plusieurs types de détecteurs. (CP : Weihua Zhang)

Division des services nationaux de dosimétrie

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

Pour les besoins de la radioprotection, il est important de connaître la charge de travail des accélérateurs linéaires pour chaque énergie de photons disponible. La présente recherche étudie une technique visant à 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; de plus, combinés à un facteur d'étalonnage établi en fonction du nombre d'unités moniteur, ils indiquent le nombre d'unités moniteur délivrées pour chaque énergie. Le détecteur de neutrons CR-39NTD a été choisi pour sa capacité de différencier les champs de rayonnement de 6 et de 18 MV, tandis que le détecteur TLD-100 est sensible aux champs de 6 et de 18 MV. Cette paire de détecteurs semblait être un bon choix. Les résultats de l'étude comportaient à la fois des constatations positives et négatives. Du côté négatif, les détecteurs CR-39NTD et TLD-100 n'ont pas constitué une bonne paire. En effet, les signaux du détecteur CR-39NTD étaient trop saturés pour être utilisables dans les conditions d'exposition de l'expérience. Le détecteur TLD-100 présentait quant à

lui une combinaison de bruit et de sensibilité qui empêchait l'extraction du signal de 6 MV du signal total, sauf dans les cas où la vaste majorité de l'exposition totale était de 6 MV. Du côté positif, le détecteur TLD-100 s'est révélé excellent pour déterminer la charge de travail lorsqu'il était exposé à une seule énergie unique (exactitude de 1 pour cent et précision de 3 pour cent). L'analyse de l'hypothèse et des données a démontré l'importance de comprendre le rôle du bruit dans la difficulté plus générale de coupler deux types de détecteur. Enfin, l'expérience a révélé que le détecteur TLD-100 pouvait être un excellent choix de détecteur s'il était couplé à un autre détecteur convenable. La présente recherche pourrait permettre aux opérateurs d'accélérateurs linéaires de calculer leur charge de travail de façon plus efficace, de sorte qu'il sera plus facile de gérer leur programme de radioprotection connexe. (CP : Robert Corns [Université de la Caroline de l'Est, États-Unis]; Charles Schroeder [Action cancer Manitoba]; Gurpreet Sandhu [BC Cancer]; Keith Henderson [BRP]; Ian McKay [BRP])

Division de la préparation et de l'intervention aux urgences nucléaires

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). 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. (CP : Lauren Bergman)

Direction de la sécurité des milieux (DSM)

Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI)

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)

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 sont en cours de préparation en vue de leur publication en 2020. Le projet devrait être terminé en 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 : Meagan Brettle; Graydon Paitich)

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)

CanTEMP : estimation de la surmortalité et de la surmorbidité 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 2020-2021. 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 Hebbern; Éric Lavigne)

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'ADAPTATIONSanté). 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)

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 indemnisations 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 indemnisations jusqu'en 2050. Le projet devrait être terminé d'ici l'automne 2020. (Collaborateurs : Peter Berry; Monique D'Amour)

Effets des arbres urbains sur la santé humaine : revue exploratoire

Les avantages des arbres urbains pour l'environnement sont bien connus; toutefois, aucune revue exhaustive de la littérature n'a encore été menée en ce qui a trait aux effets des arbres urbains sur la santé des gens. La présente revue s'intéresse à un large éventail de données empiriques sur les associations entre l'exposition aux arbres urbains et la santé humaine, fait ressortir des contradictions dans les observations et fournit une vue détaillée de la documentation existante qui pourra orienter les recherches, les politiques et les interventions de santé publique en milieu naturel à venir. Des mots clés prédéterminés se rapportant à la santé humaine, à la santé environnementale et à la foresterie urbaine ont été utilisés pour faire une recherche systématique d'articles examinés par des pairs. Les titres et les résumés des articles ont ensuite fait l'objet d'un tri préliminaire, au terme duquel seuls les articles correspondant aux critères d'inclusion ont été retenus. Les articles ont été soumis à une appréciation critique au moyen d'un outil d'évaluation de la qualité, puis à un classement et à un résumé selon un cadre conceptuel des liens entre les espaces verts et la santé. À l'aide du cadre conceptuel, 201 études ont été triées dans 3 domaines, chacun regroupant plusieurs thèmes de recherche. La « réduction des méfaits », qui représente 41 pour cent des études, comprend des thèmes comme la pollution de l'air, le rayonnement ultraviolet, l'exposition à la chaleur et le pollen. Le « rétablissement des capacités », qui représente 31 pour cent des articles, englobe la restauration de l'attention, la santé mentale, la réduction du stress et les résultats cliniques. Enfin, l'« établissement des capacités », qui représente 28 pour cent des articles, comprend des thèmes comme les issues de grossesse, le mode de vie actif et le poids corporel. Bien que les études examinées aient été plutôt hétérogènes au chapitre des objectifs et des méthodes, elles ont révélé d'importants résultats de santé associés à l'exposition aux arbres. La revue pourrait aider à orienter les recherches et les pratiques dans l'avenir. Les approches en matière de planification et de gestion des forêts urbaines devraient incorporer stratégiquement les arbres à titre de déterminant social de la santé publique. (CP : Gregory Richardson)

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. La sensibilisation aux considérations environnementales dans la conception permettra de s'assurer que les terrains de jeu au Canada sont sécuritaires et confortables pour les enfants, ce qui, au bout du compte, contribuera à améliorer l'utilisation des terrains de jeu et les avantages associés au jeu actif à l'extérieur. (CP : Alexandra Rutledge; Victor Gallant)

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

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. La présente étude est la deuxième d'une série d'évaluations proposées de systèmes de surveillance syndromique en temps réel existants, dont le but est de comparer l'exploitabilité de chaque système pour définir les composantes clés d'un système de surveillance en temps réel complet et efficace permettant d'évaluer les 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)

Analyse des risques d'inondation de l'infrastructure de santé canadienne

Les inondations représentent l'un des risques liés aux changements climatiques les plus fréquents et les plus coûteux au Canada. Elles constituent une menace grave pour les collectivités socialement vulnérables et peuvent entraîner des effets dévastateurs sur les secteurs des infrastructures publiques essentielles interconnectées, dont les infrastructures liées à la santé, aux aliments, aux finances, à l'eau, aux technologies de l'information et de la communication, à la sécurité, à l'énergie et aux services publics, au secteur manufacturier, au gouvernement et au transport. Avec l'appui du Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI), le Centre interdisciplinaire sur les changements climatiques de l'Université de Waterloo a dirigé la présente étude, qui a permis de déterminer quels établissements de services de santé et d'urgence à l'échelle des provinces et des territoires canadiens sont exposés aux dangers liés aux inondations fluviales, pluviales ou côtières, et dans quelle mesure ils le sont. Le système de soins de santé compte parmi les ressources d'intervention d'urgence les plus importantes au pays. Par conséquent, la gestion des vulnérabilités et des risques associés à l'exposition des établissements de soins de santé aux dangers liés aux inondations est essentielle pour aider les décideurs à élaborer des techniques d'adaptation et d'atténuation, à établir des mécanismes de reprise après sinistre et à renforcer la résilience de l'infrastructure. Les résultats des travaux fourniront au BCCI des renseignements concernant les établissements susceptibles d'être exposés aux inondations au Canada. Ces renseignements serviront à favoriser la prise de décisions éclairées quant à l'élaboration et à la mise en œuvre de techniques d'adaptation et d'atténuation ainsi qu'à la planification, ce qui permettra d'améliorer la résilience. (CP : Kerri Warner; Victor Gallant)

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 attribuables 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 attribuables au temps chaud entre les juridictions. Les résultats serviront à éclairer l'élaboration d'une approche canadienne plus cohérente. (Collaborateurs : Rebecca Stranberg)

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. (CP : Peter Berry)

Adaptation psychosociale aux changements climatiques à High River, en Alberta : répercussions sur le plan des politiques et des pratiques

La base de recherche sur les effets des changements climatiques sur la santé psychosociale en est encore à ses débuts, et pourtant, elle prend de l'ampleur; toutefois, le sujet de l'adaptation psychosociale aux changements climatiques demeure peu étudié. Prenant acte de cette lacune, les chercheurs de la présente étude ont examiné les effets à long terme sur la santé mentale des inondations survenues dans le sud de l'Alberta en 2013 et se sont penchés sur les mesures de santé

publique (p. ex. les programmes, les politiques et les pratiques) qui ont été prises pour faire face aux conséquences psychosociales d'une inondation majeure afin d'améliorer, de protéger et de promouvoir la santé mentale dans la ville de High River. Les conséquences psychosociales et les interventions en santé publique sont prises en compte dans le contexte élargi de l'adaptation psychosociale aux changements climatiques, et les résultats ont mis en évidence les possibilités en matière de politiques et de pratiques de santé publique visant à améliorer l'adaptation psychosociale aux changements climatiques. (CP : Katie Hayes)

Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes (BERSE)

Examen de l'application du ratio bioactivité-exposition pour l'établissement des priorités et l'évaluation axés sur les risques

Le domaine de la toxicologie s'emploie à fonder les évaluations relatives à la santé humaine sur le criblage *in vitro* à haut débit et des modèles toxicocinétiques prédictifs comme substituts aux études classiques chez l'animal; ces méthodes fourniraient un point de départ conservateur (POD_{NAM}). L'atteinte de cet objectif exige que l'on établisse avec certitude que les données sur la bioactivité *in vitro*, combinées aux données d'essais toxicocinétiques à haut débit et à la dosimétrie inverse, peuvent servir à l'estimation d'un POD_{NAM} équivalent ou inférieur aux points de départ tirés des études traditionnelles chez l'animal (POD_{trad}). Dans le cadre de l'initiative Accelerating the Pace of Chemical Risk Assessment, des chercheurs et des responsables de la réglementation provenant de plusieurs autorités, dont Santé Canada, l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, l'Agence européenne des produits chimiques et l'Autorité européenne de sécurité des aliments, réalisent une étude conjointe pour comparer les points de départ fondés sur la bioactivité *in vitro* selon ToxCast^{MC} (POD_{NAM}) avec ceux utilisés dans les évaluations traditionnelles des substances chimiques (POD_{trad}). Aux fins de l'évaluation de 448 substances chimiques, l'étude visait : 1) à déterminer si le POD_{NAM} constitue une estimation conservatrice du POD_{trad}; 2) à calculer le ratio bioactivité-exposition (RBE); 3) à déterminer si les RBE représentent un moyen fiable d'établir les substances chimiques prioritaires et s'ils pourraient servir à l'évaluation des risques de faible niveau; 4) à définir les incertitudes, les forces et les points qui pourraient être améliorés en ce qui concerne le calcul de POD_{NAM} destinés à l'évaluation préalable des risques pour la santé humaine. Les résultats de l'étude ont démontré que la majorité des valeurs du POD_{NAM} se sont révélées conservatrices par rapport à celles du POD_{trad} (400 substances chimiques sur 448). La différence médiane entre les points de départ était d'environ 100 fois. Le POD_{NAM} n'a pas été jugé conservateur pour les carbamates et les organophosphorés; ces substances devraient donc être exclues de l'approche. Les résultats préliminaires ont été présentés à la Society of Toxicology lors de sa réunion annuelle de 2018, et le projet a reçu le prix du meilleur résumé de la Risk Assessment Specialty Section en 2019. Un manuscrit présentant les résultats finaux a été publié dans la revue Toxicological Sciences en 2020. Le travail fondamental issu de cette collaboration internationale éclaire le document sur l'approche scientifique du ratio de l'exposition bioactive de Santé Canada dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques. Les méthodes visant à accélérer les évaluations par la modernisation aideraient Santé Canada à établir les priorités et à mener des évaluations, car il n'existe pas de données classiques sur la toxicité de nombreuses substances chimiques dans l'environnement. (CP : Matthew Gagné)

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 (mg/kg/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 HTTK 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 HTTK 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

HTTK 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 HTTK en ciblant les caractéristiques ou les propriétés chimiques, actuellement prises en compte de façon inadéquate par les modèles d'analyse HTTK, pour les analyses toxicocinétiques futures. (CP : Marc Beal; Sunil Kulkarni)

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 (1999)], 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)

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

Les nouvelles approches méthodologiques (NAM) désignent les approches et les essais émergents, considérés comme synonymes de stratégies d'essais de remplacement, 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 sont déployés à l'échelle internationale pour mettre au point des approches fondées sur les NAM qui fourniront des données sur les critères d'effet requis. Le présent projet vise à 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 concernant les produits chimiques organiques. Dans la présente étude, 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. La batterie d'essais comprend des versions à plus haut débit d'essais de génotoxicité solidement 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). Il s'agit plus précisément d'essais *in vitro* pouvant détecter les lésions de l'ADN, notamment MicroFlow® (apparenté à la ligne directrice nº 487), CometChip® (apparenté à la ligne directrice nº 489) et MultiFlow^{MC}, ainsi que de deux tests de détection des mutations génétiques, à savoir Ames II (apparenté à la ligne directrice nº 471) et MutaMouse FE1 (apparenté à la ligne directrice nº 488). On utilisera le profil d'expression génique de 64 marqueurs pour classer les agents endommageant l'ADN et produire de nouvelles données mécanistiques. La mise au point de cette approche fondée sur les NAM commencera par l'évaluation de 33 composés de référence et autres produits chimiques 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 l'approche 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. Une fois établie, cette approche intégrée pourrait servir aux évaluations préalables courantes des produits chimiques et aux évaluations des risques à venir. (CP : Marc Beal [BERSE]; Paul White [BSRSE])

Utilisation de profils d'expression génique pour faciliter le classement de l'activité et la lecture croisée de 15 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 (Union européenne). Ces interdictions ont favorisé l'utilisation de substituts du BPA, dont un grand nombre sont semblables sur le plan chimique (c.-à-d. analogues). Des travaux sont requis pour évaluer la toxicité potentielle et l'activité des analogues du BPA par rapport à celles du BPA. 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. Les objectifs du présent projet de recherche sont les suivants : 1) exposer des cellules épithéliales mammaires humaines (cellules MCF7) à une large plage de doses de 15 analogues du BPA connus; 2) mesurer les modifications de l'expression génique; 3) modéliser la relation dose-réponse et classer l'activité de ces substances en comparaison avec le BPA et l'œstradiol; 4) établir une compréhension mécaniste de chaque substance. On cherche ainsi à examiner l'utilité d'un système *in vitro* destiné à la détection des perturbateurs endocriniens potentiels et à l'évaluation de la relation dose-réponse. L'étude est une collaboration entre le Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes (BERSE) et le Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale (BSRSE). Les données issues de ce projet de recherche collaborative serviront à éclairer les activités d'évaluation en cours liées au groupe des bisphénols. Ces données seront également utiles dans 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 nouvelles approches méthodologiques (NAM) dans la priorisation et l'évaluations des risques. (CP : Tara Barton-Maclaren [BERSE]; Ella Atlas [BSRSE])

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. 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)

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 des activités comme 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 présentent une sous-structure précise commune à une classe chimique, par exemple un cycle phénolique. 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)

Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN)

Écotoxicité des substances pharmaceutiques pour les organismes aquatiques

La division responsable de l'évaluation des substances en vertu de 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. Le présent projet de recherche vise à évaluer la toxicité aiguë et chronique de dix produits pharmaceutiques présents dans les écosystèmes aquatiques et à déterminer le niveau trophique le plus sensible pour chaque substance. Une série d'essais biologiques sera menée aux différents échelons de la chaîne alimentaire sur des bactéries, des levures, des algues, des invertébrés et des poissons pour établir la concentration permettant de protéger la quasi-totalité (99 pour cent) des espèces. Le mode d'action des substances qui se sont révélées les plus toxiques sera examiné de plus près à l'aide de biomarqueurs pour comprendre les voies toxicologiques impliquées dans les effets indésirables. Les données résultantes 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* (LCPE). (CP : Alison McLaughlin)

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 en vertu de 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. Le présent projet de recherche vise : a) à élaborer et à valider des méthodes additionnelles requises pour analyser un ensemble de substances médicamenteuses; b) à mesurer les concentrations environnementales de 16 substances médicamenteuses largement utilisées au Canada dans des sites touchés par des activités agricoles et des effluents de stations de traitement des eaux usées à l'échelle de l'Ontario. Les données résultantes 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* (LCPE). (CP : Alison McLaughlin)

Évaluation de la toxicité et de la bioaccumulation de l'atovaquone au moyen d'invertébrés d'eau douce

La division responsable de l'évaluation des substances en vertu de 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. L'atovaquone est un médicament utilisé pour traiter ou prévenir des maladies telles que la pneumocystose, la toxoplasmose et le paludisme (lorsqu'il est utilisé en association avec le proguanil). Contrairement à la plupart des médicaments hautement hydrosolubles, cette substance semble se distribuer dans les sédiments et les particules d'algues. La recherche sur ce médicament pourrait aider à améliorer notre compréhension des substances qui se distribuent de préférence dans les sédiments et à perfectionner les modèles de bioaccumulation potentielle dans les organismes aquatiques. La présente étude de recherche, qui a pour objectif de déterminer si le produit pharmaceutique atovaquone est toxique et se bioaccumule chez les espèces aquatiques en laboratoire, vise : a) à élaborer et à vérifier des méthodes de quantification de l'atovaquone dans des matrices complexes (tissus et biotes) (terminé en 2018-2019); b) à déterminer la toxicité de l'atovaquone chez les larves de chironomide et les moules d'eau douce; c) à évaluer les taux d'absorption et de dépuration de l'atovaquone chez les bivalves. Les données résultantes 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* (LCPE). (CP : Alison McLaughlin)

Validation du modèle du poisson-zèbre (*Brachydanio rerio*) à titre de NAM *in vivo* 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 en vertu de 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. Le présent projet de recherche vise : a) à effectuer une analyse transcriptomique par criblage à haut débit portant sur les 20 composés chimiques évalués en 2018-2019 (à l'aide des deux essais de toxicité générale et comportementale du Conseil national de recherches du Canada [CNRC] menés chez le poisson-zèbre); b) à évaluer l'absorption, le métabolisme et l'excrétion de 10 des 20 composés. 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*. Ces données serviront aussi à favoriser les 3 R (réduction, raffinement et remplacement des animaux dans les essais de toxicité) dans les évaluations des risques liés aux substances chimiques. (CP : Luisa Carter)

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

La division responsable de l'évaluation des substances en vertu de 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. La metformine est un médicament couramment utilisé pour traiter le diabète de type 2; il s'agit également de l'un des produits pharmaceutiques les plus souvent détectés dans les échantillons des eaux usées. Les documents scientifiques publiés ont soulevé des questions concernant le potentiel de cette substance à agir en tant que perturbateur endocrinien chez les espèces sentinelles telles que les poissons et les moules. Le présent projet multiniveaux effectué sur le terrain vise : a) à évaluer le devenir de la metformine et de son métabolite, la guanylurée, dans le milieu aquatique; b) à évaluer les répercussions de la metformine et de la guanylurée sur le biote aquatique (y compris les plantes, les communautés microbiennes, les invertébrés aquatiques et les poissons); c) à évaluer les effets de la metformine et de son métabolite dans des études contrôlées en laboratoire sur *Lemna gibba* et *Daphnia magna*. Les données résultantes 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* (LCPE). (CP : Alison McLaughlin)

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

La division responsable de l'évaluation des substances en vertu de 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. La présente étude de recherche vise à améliorer la façon dont les composés génotoxiques sont détectés et analysés. L'objectif consiste à mettre au point un outil de plateforme bioinformatique qui permettra d'interpréter, d'analyser et de visualiser de façon efficace et efficiente les données sur la génotoxicité et les résultats concernant plusieurs critères de génotoxicité provenant de diverses sources (p. ex. ToxCast, Tox21 et toxys BV), et de rendre l'outil logiciel disponible et facilement accessible. Cet outil éclairera les nouvelles approches d'évaluation de la génotoxicité 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* (LCPE). (CP : Luisa Carter)

Effets de l'antibiotique à usage vétérinaire florfénicol chez les espèces aquatiques d'eau douce

La division responsable de l'évaluation des substances en vertu de 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. Le florfénicol est un antibiotique à large spectre destiné à un usage vétérinaire, qui est efficace contre les bactéries à Gram positif et à Gram négatif, et qui est utilisé pour traiter les maladies respiratoires chez le bovin, les maladies bactériennes chez le porc et les infections intestinales. De très fortes concentrations de florfénicol ont été détectées dans les cours d'eau et pourraient ainsi poser un risque pour les organismes aquatiques. Il y a actuellement très peu de connaissances sur les effets chroniques du florfénicol et très peu de renseignements sur l'exposition au florfénicol des espèces au Canada. La présente étude de recherche vise : a) à élaborer des méthodes de mesure et d'analyse du florfénicol dans les matrices aquatiques; b) à évaluer la toxicité chronique du florfénicol (21 jours) chez les têtes-de-boule (*Pimephales promelas*) et *Daphnia magna* aux stades embryonnaires-larvaires dans un essai d'exposition avec renouvellement périodique du milieu. Les données résultantes 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* (LCPE). (CP : Alison McLaughlin)

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 en vertu de 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. Douze inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) ont été désignés comme devant faire l'objet en priorité d'une évaluation des risques et ont été regroupés puisqu'ils présentent le même mode d'action. Une substance en particulier a été largement détectée dans les eaux de surface et dans les milieux environnementaux, et elle est susceptible d'avoir des effets sur la santé des organismes présents dans l'environnement. La présente étude de recherche vise : a) à mettre à l'essai le profil individuel de concentration-réponse de cinq ISRS sur le comportement du poisson-zèbre au stade larvaire; b) à mettre à l'essai le profil de réponse des ISRS combinés sur le comportement du poisson-zèbre au stade larvaire. Les données résultantes seront directement utilisées dans les évaluations environnementales des substances figurant sur la LRSC et serviront à déterminer la faisabilité du 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* (LCPE), à

l'appui de l'initiative du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) après 2020. (CP : Alison McLaughlin)

Caractérisation et toxicologie des nanoparticules métalliques

Les substances fabriquées à l'échelle nanométrique sont utilisées dans des applications industrielles ainsi que dans des produits de consommation en raison de leurs propriétés physico-chimiques uniques. Cependant, il est probable que ces utilisations mènent également à une augmentation de l'exposition humaine à ces nanomatériaux. Santé Canada est responsable de l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux qui sont assujettis à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. Dans le cadre de la troisième phase du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC3) du Canada, Santé Canada a élaboré des stratégies à l'égard des nanomatériaux qui figurent sur la Liste intérieure des substances (LIS). Ainsi, Santé Canada a désigné comme prioritaires des nanomatériaux figurant sur la LIS pour lesquels des données sur la caractérisation et la toxicité physico-chimique sont requises aux fins de l'évaluation réglementaire des risques pour la santé humaine. Pour obtenir ces données, Santé Canada a collaboré avec le portefeuille Science des mesures et étalons du Centre de recherche en métrologie du Conseil national de recherches Canada (CNRC) à une étude de recherche visant à caractériser les propriétés physico-chimiques et à étudier le potentiel toxicologique de plusieurs nanomatériaux qui figurent sur la LIS, dont l'oxyde de cérium, l'oxyde de fer et l'oxyde de nickel. Les caractéristiques des nanoformes de ces nanomatériaux, comme la taille, la forme, la surface, la charge superficielle, ainsi que le type et la quantité de revêtement ou de modifications de la surface, ont été étudiées, tout comme leurs effets toxiques sur la viabilité cellulaire, l'intégrité de la membrane et le stress cellulaire. Les données issues du projet permettront à Santé Canada d'évaluer les relations entre les propriétés des nanomatériaux et leurs effets biologiques, et de combler les lacunes en matière de données requises pour orienter les décisions réglementaires relatives aux nanomatériaux prioritaires figurant sur la LIS. (CP : Djordje Vladisavljevic; Kathy Nguyen)

Bureau de la qualité de l'eau et de l'air (BQEA)

Programme de la qualité de l'air

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. (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

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'O_3 et le NO_2 [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 l'association entre les composantes des $PM_{2,5}$ et les issues de grossesse négatives. Des articles scientifiques portant sur le potentiel oxydant des $PM_{2,5}$ et le développement de l'asthme et de cancers chez les enfants seront publiés en 2020 et en 2021. (CP : Éric Lavigne)

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 (saisonnière et annuelle) aux polluants atmosphériques (NO_2, COV, PM_{10}, $PM_{2,5}$, 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. Des modèles relatifs au NO_2 seront mis au point d'ici le printemps 2020. (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 SO_2 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 (SO_2, $PM_{2,5}$, NO_2, CO, O_3) 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 et le potentiel oxydant des $PM_{2,5}$. L'analyse inclura les estimations concernant l'exposition en équivalent toxique pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) associés aux $PM_{2,5}$. 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 SO_2 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 sera publié en 2021. (CP : Angelos Anastasopolos)

Caractérisation de l'exposition individuelle dans des micro-environnements associés au transport urbain

Les micro-environnements associés au transport sont des sources importantes d'exposition individuelle à plusieurs polluants, dont le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils (COV), les particules fines ($PM_{2,5}$) et ultrafines (PUF), les métaux et le carbone élémentaire. Les navetteurs se trouvent souvent à proximité d'une source de pollution atmosphérique liée à la circulation automobile (PACA) et peuvent être exposés, à court terme et à des niveaux élevés, à un grand nombre de polluants atmosphériques. Par conséquent, une grande partie de l'exposition quotidienne à la PACA peut survenir pendant le trajet relativement court du navetteur. Le présent projet a pour but de caractériser la variabilité des expositions individuelles dans divers environnements de trajet au Canada. L'étude sur l'exposition dans les transports urbains a permis d'évaluer les trajets en véhicule personnel et en métro à Toronto, à Montréal et à Vancouver ainsi que les systèmes de transport par autobus à Toronto, à Vancouver et à Ottawa. Ce projet a permis de mieux connaître les effets des micro-environnements associés au transport sur l'exposition individuelle, en plus de servir de référence lors de comparaisons futures de l'incidence des changements dans la conception des véhicules et le type de carburant sur les niveaux de polluants atmosphériques dans les environnements de transport. Deux articles ont été publiés sur les résultats obtenus concernant l'exposition dans un véhicule privé et dans le métro. Des articles sur les modèles d'analyse des concentrations de PUF en zone urbaine ont été publiés pour Toronto et Montréal. Des travaux de recherche portant sur les répercussions de l'exposition chronique aux PUF sur la santé ont également été publiés. Les résultats de ces travaux laissent entendre que les PUF augmentent le risque d'hypertension, de diabète, de cancer de la prostate et de cancer du sein chez les femmes ménopausées dont le statut des récepteurs hormonaux des œstrogènes et de la progestérone est positif. De plus, il a été démontré que l'exposition chronique aux PUF n'augmente pas le risque d'insuffisance cardiaque congestive et d'asthme. Le rapport de recherche final de l'étude, qui

porte notamment sur l'exposition dans les autobus, a été publié au printemps 2020. (CP : Keith Van Ryswyk; Scott Weichenthal)

Caractérisation des effets de la fumée de combustion du bois dans les collectivités de la Colombie-Britannique

Plus de 1,7 million de foyers canadiens utilisent le chauffage au bois; cependant, la combustion du bois est une source importante d'émissions de particules fines ($PM_{2,5}$). Dans un certain nombre de collectivités de la Colombie-Britannique où le chauffage au bois est répandu, il est possible que les concentrations de $PM_{2,5}$ ne répondent pas aux normes canadiennes de qualité de l'air ambiant. On croit que la fumée de combustion du bois est un facteur contributif important, mais son rôle n'a pas été confirmé en raison de la difficulté à déterminer la proportion des $PM_{2,5}$ qui y est liée. Dans la présente étude, les chercheurs ont utilisé un outil innovateur de surveillance mobile en continu pour détecter la fumée de combustion du bois dans six collectivités de la Colombie-Britannique durant l'hiver 2017 : Whistler, Pemberton, Courtenay, Cumberland, Vanderhoof et Fraser Lake. L'étude poursuit les travaux menés antérieurement sur la fumée de combustion du bois à Courtenay dans le cadre du programme des mesures contre la pollution de l'air de Santé Canada. Les données recueillies serviront à créer des cartes sur les concentrations de fumée de combustion du bois, qui ont d'ailleurs été présentées aux collectivités participantes et à d'autres intervenants. On travaille présentement à mettre au point la méthode pour que des groupes communautaires puissent l'utiliser. La version préliminaire d'un manuscrit a été rédigée et sera envoyée à une revue en 2020. (CP : Nina Dobbin)

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 sera présentée en 2020. (CP : Gary Mallach)

Effets de l'exposition aux particules ultrafines sur la santé

Dans ses travaux récents, Santé Canada s'est penché sur la mise au point de surfaces d'exposition pour les particules ultrafines (PUF) dans l'air ambiant, un marqueur reconnu de la pollution atmosphérique liée à la circulation automobile, dans deux grandes villes canadiennes (Toronto et Montréal) à l'aide de modèles de régression de l'utilisation des terres. Des recherches antérieures ont montré que la pollution atmosphérique liée à la circulation automobile contribue à des effets nocifs pour la santé. Cependant, peu d'études se sont intéressées aux effets à long terme sur la santé de l'exposition aux PUF. La présente étude, qui vise à évaluer la contribution de l'exposition aux PUF au risque de cancer du poumon, du sein et de la prostate, s'appuie sur les données de trois études cas-témoins (à savoir une étude cas-témoins sur le cancer du poumon à Toronto, une étude cas-témoins sur le cancer du sein à Montréal et une étude cas-témoins sur le cancer de la prostate à Montréal). On examinera aussi la contribution de l'exposition aux PUF durant la grossesse aux risques de faible poids à la naissance (moins de 2 500 g), de naissance prématurée et de faible poids pour l'âge gestationnel à l'aide des données du registre des naissances de l'Ontario concernant la ville de Toronto. Enfin, l'étude se penchera sur le rôle de l'exposition aux PUF dans la survenue de l'asthme infantile. Cette recherche épidémiologique éclaircira les mécanismes biologiques intervenant dans les effets sur la santé des particules en suspension dans l'air et elle orientera les stratégies de réduction des émissions des sources de PUF. Plusieurs articles publiés s'appuient sur les résultats de la présente étude, dont une étude publiée en mars 2019 sur la relation entre les PUF et l'asthme chez les enfants. Un autre article scientifique examinant les effets des PUF sur les cancers infantiles devrait être publié en 2020. (CP : Éric Lavigne)

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 NO_2 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 NO_2, de $PM_{2,5}$ et de O_3 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)

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). Deux articles devraient être publiés en 2020. (CP : Markey Johnson)

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 fœtal. 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 fœtal 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 2020. (CP : Markey Johnson)

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)

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 2020. (CP : Keith Van Ryswyk)

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 pourrons 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 2020. (CP : Gary Mallach)

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, a été présenté aux fins de publication en 2019. (CP : Éric Lavigne)

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 influer 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 rétiniens 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)

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 (NO_2) 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 NO_2 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 2020-2021. (CP : Aaron Wilson; Christie Cole; Corinne Stocco; Morgan MacNeill)

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 (NO_2), le dioxyde de soufre (SO_2) 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. Anastasopolos)

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

Les polluants atmosphériques urbains comme le dioxyde d'azote (NO_2), 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. (CP : Keith Van Ryswyk)

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*. Les travaux sur le terrain se dérouleront de 2019 à 2022. (CP : Corinne Stocco)

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 article scientifique décrivant les résultats devrait être présenté en 2021. (CP : Liu Sun)

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. (CP : Éric Lavigne)

Programme de la qualité de l'eau

Analyse de la présence d'entérocoques dans les sources d'eaux souterraines brutes des systèmes d'approvisionnement en eau potable municipaux

Santé Canada collabore avec les gouvernements provinciaux et territoriaux pour élaborer des recommandations concernant les contaminants microbiologiques dans l'eau potable. Ces recommandations établissent les paramètres de base que tous les réseaux d'approvisionnement en eau potable devraient respecter afin de fournir une eau potable qui soit la plus propre, la plus salubre et la plus fiable possible. La recherche de bactéries indicatrices *Enterococci* (entérocoques) peut aider à détecter une contamination fécale dans les réseaux d'eaux souterraines qui n'aurait peut-être pas été décelée lors des analyses obligatoires des bactéries *E. coli* et des coliformes totaux. Santé Canada a besoin de davantage de données provinciales pour déterminer les contextes et les lieux dans lesquels la surveillance des entérocoques sera le plus utile. La présente étude de recherche vise à lancer des activités de surveillance limitée, en collaboration avec le Bureau de l'eau potable du ministère du Développement durable du Manitoba, pour vérifier la présence de bactéries entérocoques indicatrices de contamination fécale dans les sources d'eaux souterraines brutes de cinq systèmes d'approvisionnement en eau potable municipaux ou semi-publics au cours d'une année. Les résultats de l'étude fourniront des données canadiennes qui permettront d'orienter l'élaboration de lignes directrices fondées sur la santé en ce qui a trait à la surveillance de la qualité bactériologique de l'eau potable. (CP : Gordon Yasvinski)

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 influer 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. Les microplastiques composés de polymères de différents types et de différentes tailles feront l'objet d'une surveillance visant à déterminer les changements physiques (taille, forme) et chimiques qui s'opèrent lorsqu'ils sont exposés à différentes conditions ayant cours dans les stations de production d'eau potable (p. ex. ozonisation). Le comportement de sorption et de lessivage des microplastiques de différents types et de différentes tailles sera évalué dans l'eau, ainsi que dans des liquides gastriques simulés. Les résultats de la présente étude fourniront des renseignements essentiels sur les transformations des microplastiques dans l'eau et les liquides biologiques simulés, ainsi que sur

leurs interactions avec certains polluants environnementaux. 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)

Détection des effets des microplastiques et de leur emplacement sur les embryons amniotes en développement : élaboration d'un protocole au moyen d'embryons de poulet

L'évaluation de la toxicité des microplastiques est un besoin de recherche qui a été établi par Santé Canada et par d'autres groupes internationaux. Plus particulièrement, la toxicité pour le développement est un critère qui doit faire l'objet d'autres études; cependant, il importe également d'élaborer des systèmes d'essai au moyen desquels il est possible d'évaluer la toxicité des microplastiques pour le développement. Le présent projet vise à mettre au point un modèle d'essai toxicologique permettant d'évaluer les effets des microplastiques sur le développement au moyen d'embryons de poulet en développement. Les embryons de poulet sont un système de modélisation pratique pour l'examen des réactions potentielles des fœtus humains aux substances toxiques, car les poulets et les mammifères présentent un génome de taille semblable, et la taille relative de leurs organes, y compris leur cerveau, est similaire aux premiers stades du développement. La présente recherche s'appuie sur les expériences précédentes qui ont examiné les effets du lixiviat de granulés de caoutchouc sur le cerveau, le foie et le cœur en développement au cours de la première semaine de développement de l'embryon de poulet, ce qui est à peu près comparable au premier trimestre du développement humain. Les données recueillies seront utilisées pour adapter le protocole et ainsi examiner les effets des microbilles de polystyrène de différentes tailles sur le développement des embryons de poulet. Les microbilles seront injectées dans le sac vitellin des embryons pour simuler le passage des particules à travers la barrière placentaire et dans les veines qui drainent le sang dans le sac vitellin pour simuler une absorption complète dans les embryons. L'étude permettra également d'examiner l'emplacement et les voies d'absorption des microplastiques au moyen de microbilles de polystyrène radiomarquées, et d'analyser par imagerie les microbilles présentes sur tissus entiers ou sur coupes. Les résultats fourniront des constatations préliminaires sur les effets des microplastiques sur les embryons de poulet en développement et pourront servir d'analogues pour déterminer les effets potentiels chez l'humain. (CP : Hans Larsson [Université McGill]; personne-ressource à Santé Canada : Tamara Desroches)

Direction de la sécurité des produits de consommation et des produits dangereux (DSPCPD)

Bureau d'évaluation du risque (BER)

Laboratoire de la sécurité des produits

Mise au point d'une nouvelle méthode d'essai visant à évaluer les dangers de nature mécanique associés aux couvre-fenêtres à cordes

Santé Canada a publié le nouveau *Règlement sur les couvre-fenêtres à cordes* afin d'aider à éliminer le risque d'étranglement et à réduire le taux de décès par étranglement associés aux couvre-fenêtres à cordes. Les cordes qui sont à la portée d'un enfant et qui sont suffisamment longues pour s'enrouler autour du cou d'un enfant peuvent entraîner des blessures ou même la mort par étranglement. Le présent projet a pour but de mettre au point et de valider une nouvelle méthode d'essai visant à évaluer les cordes et les boucles de couvre-fenêtres à cordes de manière répétable et reproductible, à l'appui de la capacité du Ministère de vérifier la conformité avec le nouveau *Règlement sur les couvre-fenêtres à cordes* après son entrée en vigueur. La méthode d'essai permet de déterminer s'il y a des cordes atteignables au moyen de sondes conçues à partir de données anthropométriques et fabriquées à l'interne à l'aide d'une imprimante 3D. S'il est établi qu'une corde est atteignable, elle fait l'objet d'une évaluation visant à déterminer si elle est suffisamment longue pour présenter un danger pour un enfant lorsqu'elle est tirée avec une force atteignant 35 N dans n'importe quelle direction. L'évaluation fait appel à un cadre d'essai élaboré à l'interne qui utilise une série de poulies et de poids d'essai destinés à contrôler et à communiquer la direction dans laquelle la corde est tirée, ainsi qu'à maintenir la force appliquée pendant que l'évaluation se poursuit. La méthode d'essai permet d'évaluer les cordes dont la longueur dépasse 22 centimètres et dont le périmètre de la boucle dépasse 44 centimètres, ainsi que les ensembles formés de deux cordes pouvant être reliées bout à bout de manière à obtenir une longueur totale de 22 centimètres. D'autres éléments d'essai, comme l'évaluation des avertissements, de l'étiquetage et des petites pièces potentielles au moyen de l'essai de poussée et de traction avec une force de 90 N, qui font partie de la méthode d'essai ont été adaptés à partir d'autres méthodes d'essai du Laboratoire de la sécurité des produits (LSP). La méthode d'essai mise au point sera utilisée pour vérifier la conformité des couvre-fenêtres à cordes vendus sur le marché canadien. (CP : Gregory Katchmar; Oliver Treen)

Validation d'une méthode d'analyse pour les liquides de vapotage à forte concentration de nicotine

Parmi les risques potentiels associés aux produits de vapotage figure l'intoxication par ingestion du liquide de vapotage. Un enfant peut présenter des effets graves pouvant mettre sa vie en danger lors de l'ingestion accidentelle de liquide à vapoter contenant de la nicotine, même en petite quantité. En 2018-2019, le Laboratoire de la sécurité des produits (LSP) a élaboré une méthode de détermination de la teneur en nicotine dans les produits de vapotage à forte concentration au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse et à un détecteur à ionisation de

flamme (CPG-SM-DIF). Depuis les phases initiales des travaux, l'utilisation des sels de nicotine a gagné en popularité, car il s'agit d'un produit de vapotage moins âpre qui offre une forte concentration de nicotine. Le présent projet valide la méthode de dosage de la nicotine à forte concentration au moyen d'un CPG-SM-DIF pour l'analyse des produits de vapotage contenant des sels de nicotine. Cette méthode peut être utilisée pour vérifier la conformité des liquides de vapotage contenant de sels de nicotine qui sont offerts sur le marché. (CP : Jane Situ)

Détermination des ignifugeants dans une enquête sur les produits de consommation

Le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) est une initiative du gouvernement du Canada qui vise à réduire les risques posés par les substances chimiques pour les Canadiens et leur environnement. Les ignifugeants organiques figuraient parmi les substances chimiques désignées comme des priorités d'action dans le cadre de la deuxième et de la troisième phase du PGPC. On se penche actuellement sur des options de gestion des risques, y compris des mesures réglementaires supplémentaires, pour les ignifugeants organiques. Afin d'appuyer le processus décisionnel, le Laboratoire de la sécurité des produits (LSP) a élaboré des méthodes pour le phosphate de triéthyle (TEP) et le phosphate de phénol isopropylé (IPPP), et il a mis à jour et revalidé une méthode d'analyse pour les fortes concentrations de 1,3,5-triazine-2,4,6-triamine (mélamine). Le LSP a analysé une série de produits de consommation à base de mousse polymérique pour détecter la présence de cinq ignifugeants : phosphate de tris(2-chloro-1-méthyléthyle) (TCPP), phosphate de tris[2-chloro-1-(chlorométhyl)éthyle] (TDCPP), mélamine, TEP et IPPP. Au total, 50 produits, et 150 composants, ont été analysés. Trente et un produits renfermaient au moins un des ignifugeants en question à une concentration dépassant la limite de quantification. La mélamine était l'ignifugeant le plus fréquemment détecté. (CP : Katrina Griffiths; Nathalie Ritchot)

Étude des produits de dégradation thermique présents dans les liquides de vapotage contenant des sels de nicotine après la pyrolyse

En 2018-2019, le Laboratoire de la sécurité des produits (LSP) a mené à bien deux projets visant à examiner les composés chimiques associés aux liquides de vapotage. L'un des projets consistait en un examen qualitatif de la composition chimique des liquides de vapotage aromatisés offerts sur le marché au moyen de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) et l'autre visait à étudier les paramètres préliminaires de pyrolyse des liquides de vapotage. Le présent projet, qui s'appuie sur les travaux des deux projets précédents, a pour objet d'examiner les composés observés avant et après la pyrolyse des liquides de vapotage contenant des sels de nicotine offerts sur le marché. Entre 30 et 50 composés ont été identifiés dans chacun des trois liquides de vapotage analysés dans le cadre du projet. Quatre acides organiques ont été détectés, soit l'acide acétique, l'acide benzoïque, l'anhydride maléique (anhydride de l'acide maléique) et l'acide lactique. La pyrolyse des liquides de vapotage a confirmé la présence des aldéhydes sous forme de produits de dégradation thermiques (PDT) des liquides vecteurs, l'augmentation de la quantité de PDT à haute température et l'augmentation des PDT en raison de la présence d'arômes. (CP : Katrina Griffiths)

Division du triage et de la surveillance

Renforcement de la surveillance des produits de consommation au Canada : l'exemple du vapotage

Les renseignements sur la surveillance recueillis par le Programme de la sécurité des produits de consommation (le « Programme ») sont utilisés pour détecter les dangers émergents. Dans la présente étude, l'objectif mentionné en rubrique est atteint par la caractérisation et la quantification des tendances observées dans les déclarations liées aux produits de vapotage reçues par le Programme au cours des cinq dernières années. Les données recueillies par le Programme ont été extraites pour la période du 1er janvier 2015 au 30 septembre 2019. Elles ont été résumées sous forme de statistiques descriptives, et les tendances ont été quantifiées pour obtenir la variation annuelle moyenne en pourcentage. En ce qui concerne la comparaison des caractéristiques des déclarations liées aux produits de vapotage, des ratios ont été utilisés pour comparer les blessures liées aux produits de vapotage à tous les autres cas déclarés dans le cadre du Programme. Au total, 71 blessures liées aux produits de vapotage ont été déclarées entre le 1er janvier 2015 et le 30 septembre 2019. Au cours de cette période, une augmentation très élevée de la variation moyenne en pourcentage du nombre de déclarations reçues a été observée (soit environ 73 pour cent par année). Parmi les blessures déclarées, près de la moitié (48,5 pour cent) étaient des brûlures. De plus, il y avait proportionnellement plus de déclarations liées aux produits de vapotage touchant des personnes de sexe masculin et des personnes de 15 à 19 ans comparativement à toutes les autres déclarations reçues dans le cadre du Programme. Bien que le nombre de déclarations liées aux produits de vapotage soit faible, les résultats de l'analyse semblent indiquer que certains groupes, dont les personnes de sexe masculin et les jeunes, sont plus susceptibles de subir un incident lié au vapotage. (CP : Minh Do)