



SANTÉ CANADA  
RECUEIL DE  
RÉSUMÉS DE RECHERCHE

---

2021–2022

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

Also available in English under the title:

*Health Canada Compilation of Research Abstracts, 2021–2022*

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec :

Santé Canada  
Indice de l'adresse 0900C2  
Ottawa (Ontario) K1A 0K9  
Tél. : 613-957-2991  
Sans frais : 1-866-225-0709  
Télec. : 613-941-5366

ATS : 1-800-465-7735

Courriel : [publications-publications@hc-sc.gc.ca](mailto:publications-publications@hc-sc.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du Chef du Canada, représenté par le ministre de la Santé, 2023

Date de publication : juillet 2023

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  
ISSN : 2563-9919  
Pub. : 230044

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>15</b>
<b>LÉGENDE</b> .....	<b>16</b>
<b>QUALITÉ DE L'AIR</b> .....	<b>19</b>
Effets aigus et chroniques sur la santé du potentiel oxydant des PM <sub>2,5</sub> .....	19
Issues de grossesse négatives et maladies infantiles liées au potentiel oxydant des PM <sub>2,5</sub> et aux composantes des PM <sub>2,5</sub> dans l'air ambiant.....	19
Le SARS-CoV-2 sous forme d'aérosols dans les hôpitaux et les établissements de soins de longue durée pendant la pandémie de COVID-19.....	20
Indicateur sur les tendances air-santé (ITAS): faits récents et mises à jour.....	20
Surveillance de la qualité de l'air dans la ville de Hamilton avec une attention particulière aux zones de population marginalisée et sensible au moyen d'une technologie de surveillance de l'air à faible coût – NOUVEAU! .....	21
Enquête en ligne sur les systèmes de ventilation de cuisine dans les maisons au Canada .....	22
Analyses des fonctions concentration-réponse non linéaires pour les expositions à court terme à la pollution atmosphérique.....	22
Mise à jour de la Cote air santé (CAS) par l'élargissement de la couverture temporelle et spatiale.....	23
Association entre la pollution atmosphérique et la dynamique de la pandémie de COVID-19 au Canada .....	23
Étude de modélisation de l'exposition spatiale et temporelle à Calgary (étude MEST Calgary) .....	24
Étude sur la pollution de l'air marin dans la région atlantique du Canada (étude CAMAPS) .....	24
Étude CanEPIC : étude canadienne sur l'environnement, la grossesse, le nourrisson et l'enfant .....	25
Maladies chroniques et pollution de l'air : étude de la trajectoire de la maladie et des interventions (étude ROUTE).....	26
Étude d'intervention dans le domaine de la pollution atmosphérique chez les navetteurs.....	26
Étude à long terme des modificateurs d'effet des associations entre l'exposition à la circulation routière et la mortalité par maladies cardiovasculaires, respiratoires et neurologiques au sein d'une cohorte canadienne (IH LCPA) .....	27
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.....	28
Répercussions de la variation temporelle des émissions industrielles de polluants atmosphériques sur l'incidence de l'asthme chez les enfants au Québec – recherche sur l'approche en matière de reddition de compte.....	28
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 .....	29



Projet de modélisation urbaine intégrée .....	30
Interaction entre les variants de gènes et la pollution atmosphérique chez les participants à des études par panel sur la Cote air santé .....	30
Effets combinés de l'exposition à des aéroallergènes et aux polluants atmosphériques extérieurs en milieu urbain .....	31
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) .....	32
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 The Canadian Longitudinal Study on Aging .....	32
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 .....	33
Analyse écologique nationale et locale des PM <sub>2,5</sub> , NO <sub>2</sub> , de la verdure et de la COVID-19 à long terme – NOUVEAU! .....	34
Étude sur la qualité de l'air dans les maisons neuves .....	34
Modélisation de surface par régression de l'utilisation des terres pour le NO <sub>2</sub> – NOUVEAU! .....	35
Étude sur l'exposition à la pollution atmosphérique et l'épidémiologie à Québec (EPAEQ) .....	35
Expositions à court et à moyen terme à la pollution atmosphérique provenant de la combustion de biomasse et changements dans la réponse microvasculaire rétinienne chez les enfants .....	36
Modélisation spatiale en appui aux études sur la santé .....	37
Étude de la qualité de l'air dans le métro .....	37
Outils de méta-analyse et d'examen systématiques à l'appui des évaluations scientifiques .....	38
Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) .....	39
Association entre la pollution atmosphérique et la mortalité liée à la COVID-19 à Santiago (Chili) : une analyse des séries chronologiques quotidiennes (IH LCPA) .....	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
Association entre l'exposition à la pollution de l'air pendant la grossesse et l'autisme chez l'enfant .....	41
Étude sur la pandémie de COVID-19 et l'effet de la pollution atmosphérique (COVID-Air) [IH LCPA] .....	41
Rôle du stress et de la réactivité au stress dans la médiation des effets des polluants atmosphériques sur le cerveau et les poumons .....	42
Vulnérabilité à la pollution atmosphérique dépendante du temps dans une cohorte de femmes enceintes (MIREC) .....	43
Étude sur la qualité de l'air dans les quartiers à proximité des gares de triage (QAQPGT) .....	43

## LE CANNABIS.....45

Effets aigus et résiduels du cannabis fumé sur l’humeur et la performance cognitive des jeunes adultes – NOUVEAU! .....	45
Effets aigus et résiduels du cannabis fumé : incidence sur la vitesse de conduite et le contrôle latéral et le rythme cardiaque, et effets des drogues autodéclarés – NOUVEAU!.....	45
Rapport annuel des effets indésirables associés aux produits du cannabis signalés à Santé Canada du 1 <sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2020 – NOUVEAU!.....	46
Enquête canadienne sur le cannabis (ECC) – NOUVEAU! .....	46
Cannabis, conduite avec facultés affaiblies et sécurité routière : Un aperçu des questions et enjeux clés – NOUVEAU! .....	47
Caractérisation de nanoémulsions de cannabis et enquête d’analyse de l’utilisation du poisson zèbre – NOUVEAU! .....	48
Dissuader la conduite sous l’influence du cannabis : Connaissances et croyances de conducteurs participant à un programme correctif – NOUVEAU! .....	48
Effets du cannabis consommé à des fins médicales sur la conduite simulée : Une étude pilote – NOUVEAU!.....	49
Analyse élargie des contaminants métalliques dans les produits de vapotage à base d’extrait de cannabis – NOUVEAU!.....	50
Explorer les perceptions des personnes qui conduisent après avoir consommé du cannabis : Risque de collision, optimisme comparatif et influence normative – NOUVEAU! .....	50
Surveillance de la contamination fongique dans les produits légaux du cannabis : optimisation de la méthode de détection et de quantification des mycotoxines dans les inflorescences et l’huile comestible de cannabis à l’aide de la chromatographie liquide à ultra-haute performance (UHPLC) couplée à la spectrométrie de masse en tandem (MS-MS) par le laboratoire de cannabis de la DGORAL de Santé Canada – NOUVEAU! .....	51
Influence des variantes génétiques du récepteur cannabinoïde de type 1 (CNR1) sur les effets subjectifs du cannabis fumé – NOUVEAU! .....	52
Influence de la personnalité sur les effets aigus du cannabis fumé en situation de conduite simulée – NOUVEAU! .....	52
Comparaison interannuelle des effets indésirables associés aux produits de cannabis légaux déclarés à Santé Canada, du 17 octobre 2018 au 31 décembre 2019 et du 1 <sup>er</sup> janvier 2020 au 31 décembre 2020 – NOUVEAU! .....	53
Étude des sous-produits de dégradation des ingrédients des liquides à vapoter du cannabis par désorption thermique – NOUVEAU! .....	53
Essais pharmacologiques in vitro de cannabinoïdes synthétiques sur les récepteurs CB <sub>1</sub> et CB <sub>2</sub> – NOUVEAU! .....	54
« Juste une question d’habitude » : Selon les conducteurs d’un programme correctif, conduire sous l’influence du cannabis est une expérience ordinaire, pratique et contrôlable – NOUVEAU! .....	55



Une variante génétique du récepteur opioïde mu module des réponses subjectives accrues au cannabis fumé – NOUVEAU!.....	55
Différences entre les sexes dans les effets aigus du cannabis fumé : données probantes issues d’une étude en laboratoire réalisée chez de jeunes adultes – NOUVEAU!.....	56
Test de toxicité des émissions de produits de vapotage du cannabis à l’aide du modèle de poisson zèbre – NOUVEAU!.....	56
Utilisation du cannabidiol pour le traitement de l’anxiété : une courte synthèse des données précliniques et cliniques – NOUVEAU! .....	57
<b>CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....</b>	<b>58</b>
Rapport d’évaluation qualitative et quantitative du réseau de surveillance syndromique en temps réel de l’Alberta (ARTSSN) .....	58
Une analyse rétrospective des données administratives sur la santé pour mesurer les effets des changements climatiques sur la santé – Chaleur extrême – NOUVEAU! .....	58
Une évaluation d’experts sur la conception des espaces de jeu et les environnements thermiques dans un contexte canadien – NOUVEAU! .....	59
Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques (1) .....	59
Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques (2) .....	60
CanTEMP : estimation de la surmortalité et de la surmorbidity attribuables à la température à l’échelle nationale .....	61
Élaboration et mise en œuvre d’un système d’alerte et de réponse à la chaleur dans les régions rurales de la Colombie-Britannique – NOUVEAU! .....	61
Analyse économique des répercussions des changements climatiques sur la santé et sur le système de santé : un aperçu .....	62
Établissement de seuils de température intérieure fondés sur des données probantes pour protéger la santé. ....	62
Verdir pour s’enrichir : Estimation économique des bénéfices de l’exposition aux espaces verts sur la santé .....	63
La santé des Canadiens dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir, 2022 .....	64
Projet de recherche sur les leçons apprises du programme ADAPTATIONSanté .....	64
Répercussions du système d’avertissement et d’information de chaleur harmonisé pour l’Ontario sur les visites au service d’urgences pour des maladies liées à la chaleur en Ontario, au Canada : une analyse de série chronologique fondée sur la population – NOUVEAU! ....	65

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).....	66
Réimaginer les espaces de jeux pour les enfants : élaboration de directives pour des aires de jeux thermiquement confortables au Canada.....	66
Perceptions du public à l'égard des répercussions des changements climatiques sur la santé au Canada, 2022 .....	67
Les impacts du dôme thermique de l'Ouest, 2021 : une revue systématique des articles, rapports et communications des médias – NOUVEAU!.....	67
Comprendre la mortalité pendant le dôme de chaleur de 2021 en Colombie-Britannique – NOUVEAU!.....	68
Guide de l'OMS pour la réalisation d'évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques et à la santé – NOUVEAU! .....	69
<b>SÉCURITÉ DES PRODUITS DE CONSOMMATION .....</b>	<b>70</b>
Blessures ou maladies aiguës liées à l'inhalation d'aérosols de vapotage chez les enfants et les adolescents du Canada : Une enquête transversale auprès de pédiatres canadiens – NOUVEAU!.....	70
Évaluation de la virulence des agents pathogènes humains opportunistes présents dans les mélanges microbiens– NEW !.....	70
Analyse de la composition des produits de consommation contenant des terpènes et des terpénoïdes – NOUVEAU!.....	71
Étude sur l'usage du DEET .....	71
Élaboration d'une méthode à haut débit en chambre d'essai pour la détermination des composés organiques semi-volatils dans les produits disponible aux consommateurs .....	72
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.....	72
Élaboration de méthodes d'analyse de la pathogénicité aux fins de l'évaluation du danger associé aux micro-organismes utilisés en biotechnologie.....	73
Concentrations environnementales de médicaments vétérinaires et de médicaments à usage humain dans les eaux de surface et sédiments .....	74
Augmentation du nombre d'appels relatifs à une exposition à certains nettoyants et désinfectants au début de la pandémie de COVID-19 : données des centres antipoison canadiens.....	74
Migration des produits ignifuges des produits de consommation contenant de la mousse – NOUVEAU!.....	75

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).....	75
--	----

**SUBSTANCES CONTRÔLÉES .....77**

Analyse des liquides de vapotage sur le marché canadien pour les composés chimiques d’intérêt.....	77
Une enquête sur les méfaits causés par l’alcool subis par différents groupes de consommateurs d’alcool au Canada – NOUVEAU! .....	77
Une éclosion de nouvelles substances psychoactives benzodiazépines dans l’approvisionnement en drogues non réglementés: résultats préliminaires d’un programme communautaire de vérification des drogues utilisant des méthodes au point de service et de confirmation – NOUVEAU! .....	78
Une mise à jour de l’analyse pour déterminer à quel point les Canadiens dépassent les directives de consommation d’alcool à faible risque en tenant compte de la consommation d’alcool non-déclarée – NOUVEAU!.....	78
Analyse qualitative et quantitative automatisée d’échantillons de drogues illicites complexes à l’aide de la RMN 1H – NOUVEAU! .....	79
Enquête canadienne sur l’alcool et les drogues – NOUVEAU!.....	79
Enquête canadienne sur la consommation d’alcool et de drogues dans les établissements d’enseignement postsecondaire – NOUVEAU !.....	80
Caractérisation des effets subjectifs, des effets notés par l’observateur et des effets physiologiques de l’hydromorphe comparés à ceux de l’héroïne dans une étude en laboratoire réalisée chez l’humain – NOUVEAU!.....	81
Effet combiné de l’alcool et du cannabis sur la conduite simulée – NOUVEAU!.....	81
Conduite sous l’influence d’opioïdes d’ordonnance : Prévalence autodéclarée et association avec le risque de collision dans une grande province canadienne – NOUVEAU! .....	81
Premières conclusions des projets pilotes pour un approvisionnement plus sécuritaire – NOUVEAU! .....	82
Effets de la combinaison d’alcool et de cannabis sur la conduite, l’alcoolémie, les taux sanguins de THC, les effets cognitifs et subjectifs : Un examen narratif A narrative review – NOUVEAU!.....	82
Explorer l’utilisation d’opioïdes à libération prolongée à des intervalles raccourcis chez les personnes souffrant de douleur chronique et présentant une consommation à risque élevé de médicaments ou de substances – NOUVEAU !.....	83
Mise en place d’un système d’avis identifiant les substances psychoactives nouvelles et potentiellement dangereuses – NOUVEAU!.....	83
Différences individuelles dans le risque de surconsommation d’opioïdes autodéclarée selon les observations d’une étude en laboratoire réalisée chez l’humain – NOUVEAU! .....	84

Évaluation pharmacologique <i>in vitro</i> de l'effet de nouveaux hallucinogènes aux récepteurs 5-HT2A et 5-HT2B – NOUVEAU!.....	84
Évaluation pharmacologique <i>in vitro</i> de l'effet de nouveaux opioïdes au récepteur hMOR1 – NOUVEAU!.....	85
Validation d'une méthode permettant d'analyser 18 drogues préoccupantes et métabolites dans les eaux usées .....	86
Surveillance des méfaits liés à la consommation de substances – NOUVEAU! .....	86
Différences entre les sexes des effets pharmacologiques aigus et subjectifs du cannabis fumé combiné à l'alcool chez les jeunes adultes – NOUVEAU!.....	86
Analyse de séries chronologiques de la concentration de fentanyl dans l'approvisionnement non réglementé de drogues opioïdes dans un contexte canadien – NOUVEAU! .....	87
<b>ALIMENTS ET NUTRITION .....</b>	<b>88</b>
Méthode d'analyse de dosage de la vitamine K (K1 et K2 sous-type MK4) dans les aliments vendus au détail à l'appui du Fichier canadien sur les éléments nutritifs.....	88
Remplacement d'un produit chimique toxique essentiel utilisé pour l'analyse des acides aminés dans les aliments vendus au détail à l'appui du Fichier canadien sur les éléments nutritifs – NOUVEAU!.....	88
<b>EFFETS DES SUBSTANCES CHIMIQUES SUR LA SANTÉ .....</b>	<b>90</b>
Un essai rapide de l'activité de la peroxydase thyroïdienne humaine – NOUVEAU!.....	90
Une stratégie de tests intégrée pour évaluer les mutations de cellules somatiques et germinales au moyen de la ligne directrice TG 488 de l'OCDE pour le test de rongeurs transgéniques et du modèle MutaMouse .....	90
Un processus décisionnel <i>in silico</i> pour détecter la présence de substances chimiques indicatrices de neurotoxicité pour le développement – NOUVEAU! .....	91
Intégration avancée de la multiomique pour l'évaluation des risques liés aux produits contenant des agents microbiens – NOUVEAU!.....	92
Analyse des données de biosurveillance humaine tirées de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé à l'aide des valeurs guides de biosurveillance – NOUVEAU!.....	93
Étude des effets de l'antidépresseur citalopram sur les embryons et les larves de la tête-de-boule ( <i>Pimephales promelas</i> ) – NOUVEAU! .....	93
Évaluation du devenir dans l'environnement des ISRS présents dans les milieux qui reçoivent des effluents d'eaux usées municipales – NOUVEAU!.....	94
Évaluation du potentiel cancérigène des produits chimiques du PGPC par l'application et l'examen de l'essai de transformation cellulaire sur cellules embryonnaires de hamster syrien (SHE-CTA).....	95



Évaluation de la performance et de la prédictivité d'un test optimisé de neurotoxicité développementale in vitro à l'aide de neurotoxiques développementaux avérés et de témoins négatifs .....	95
Étude de cas et atelier pour guider la sélection de modèles d'exposition appropriés pour l'évaluation des risques à l'aide de la plateforme EAS-E Suite – NOUVEAU! .....	96
Caractérisation et essais toxicologiques de la nanocellulose et des nanoparticules d'oxyde de métal (PGPC) – NOUVEAU! .....	97
Caractérisation des expositions résidentielles aux métaux et substances organiques du PGPC.....	98
Caractérisation de la variabilité du rapport entre le mercure dans les cheveux et le mercure dans le sang dans la population générale du Canada – NOUVEAU!.....	98
Expositions chimiques des pompiers municipaux : Analyse des données disponibles sur la biosurveillance humaine et les milieux professionnels – NOUVEAU! .....	99
Toxicité chronique des inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine pour <i>Daphnia magna</i> – NOUVEAU!.....	100
Création d'une base de données maîtresse sur les taux de mercure et de méthylmercure dans les aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au mercure dans les communautés autochtones .....	100
Mise au point de méthodes de détection in vitro de perturbateurs métaboliques dans les adipocytes .....	101
Élaboration et application de stratégies d'essai adaptées et fondées sur les voies toxicologiques associées aux effets indésirables pour améliorer l'évaluation des dangers et des risques liés aux substances chimiques altérant le génome .....	102
Élaboration et application d'approches novatrices de séquençage de nouvelle génération pour les essais de mutagénicité au 21 <sup>e</sup> siècle .....	102
Élaboration et validation de méthodes rapides pour évaluer la toxicité endocrinienne .....	103
Mise au point d'une approche de détection fondé sur le consensus 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) .....	104
Élaboration d'un outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité (OAIEG) .....	104
Développement d'algorithmes d'apprentissage automatique pour les prévisions des utilisations fonctionnelles des substances pour le dépistage et la priorisation – NOUVEAU .....	105
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 .....	106
Comparaison directe de la toxicité subaiguë des bisphénols A, F et S à l'aide d'un protocole d'exposition normalisé de l'OCDE.....	107
Effets de la préparation des aliments traditionnels sur les concentrations et la bioaccessibilité du mercure ou de métaux connexes.....	107

Perturbateurs du système endocrinien : vers des solutions de remplacement responsables (subvention d'équipe des IRSC, Université McGill) .....	108
Estimation du nombre de cas d'infertilité masculine attribuables à l'exposition prénatale aux dioxines et aux furanes au Canada .....	108
Évaluation de l'utilisation de la décontamination cutanée pour réduire l'exposition des pompiers aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) issus de la combustion .....	109
Évaluation des méthodes <i>in vitro</i> destinées à éclaircir les différences sur le plan des caractéristiques de toxicité entre les variantes de particules de nanosilice (NPSi) nouvellement synthétisées dans le but de faciliter la lecture croisée dans l'évaluation des risques liés aux nanoparticules .....	110
Examen de l'association entre les concentrations de PBDE maternels, les marqueurs plasmatiques maternels et les résultats de santé de la mère et du nourrisson dans l'étude MIREC – NOUVEAU!.....	110
Examen de l'application de nouvelles méthodes d'approche pour établir des points de départ fondés sur la transcriptomique <i>in vitro</i> afin de faciliter la prise de décisions réglementaires – NOUVEAU!.....	111
Charge d'exposition : utilisation des données de biosurveillance pour quantifier la charge d'exposition à de multiples substances chimiques dans une population (S et S du PGPC) .....	111
Exposition fœtale aux microplastiques – NOUVEAU!.....	112
Poursuite de l'élaboration de méthodes consensuelles d'analyse de l'activité toxicologique des substances chimiques à partir de la relation (quantitative) structure-activité (R[Q]SA) – NOUVEAU! .....	113
GeneTox21 – une plateforme intégrée utilisée aux fins de l'évaluation de la toxicité génétique <i>in vitro</i> et de l'évaluation réglementaire des substances nouvelles et existantes .....	113
Génotoxicité des nanoformes d'oxydes métalliques figurant sur la Liste intérieure des substances : rôle de la solubilité du matériau – NOUVEAU!.....	114
Fonder les projets de développement des ressources et d'infrastructure sur l'évaluation des effets sur la santé et l'analyse comparative fondée sur le sexe et le genre plus – NOUVEAU! .....	115
Enquête sur la santé environnementale dans les maisons saines (Healthy Home Environmental Health Survey) 2021–2022 – NOUVEAU! .....	115
Répercussions des grands projets sur les aliments traditionnels et conséquences sur la sécurité alimentaire des peuples autochtones : état actuel des pratiques au Canada .....	116
Mettre en œuvre les données sur la bioactivité <i>in vitro</i> pour moderniser l'établissement des priorités en matière d'inventaire des substances chimiques .....	116
Intégration de flux de travail informatiques pour l'établissement des priorités en matière d'évaluation des risques conformément à la <i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement</i> .....	117
Interprétation des données de biosurveillance : tableau de bord des valeurs d'orientation du groupe de travail international sur la biosurveillance humaine (i-HBM) – NOUVEAU! .....	117



Évaluation des effets de la vitesse de dissolution des nanoparticules métalliques sur les réponses cellulaires (PGPC) .....	118
Utilisation de modèles d'apprentissage automatique dans la prédiction des perturbateurs endocriniens.....	119
Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC) : Associations entre les substances perfluoroalkylées (PFAS) et les biomarqueurs lipidiques et de la fonction hépatique – NOUVEAU!.....	119
Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC): Associations entre les substances perfluoroalkylées (PFAS) prénatales et les marqueurs immunitaires de la progéniture – NOUVEAU!.....	120
Plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) .....	121
Domages à l'ADN induits par les nanomatériaux d'oxyde métallique – NOUVEAU!.....	121
Étude MIREC-ENDO : début de la puberté, fonction endocrinienne et métabolisme .....	122
Modélisation et évaluation de l'exposition de courte durée au plomb dans le sol .....	123
Exposition multimédia à de nouvelles substances chimiques préoccupantes substitutives et à certaines substances chimiques du PGPC3 .....	124
Programme national de biosurveillance dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) – cycles 5 et 6 (2016–2019) et cycles 7 et 8 (2022–2025) (S et S PGPC) .....	124
Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord.....	125
Pilote du nord de l'Ontario de l'outil EnviroScreen : Une interface géospatiale interactive pour les indicateurs clés de l'état de l'environnement, de la communauté et de la santé – NOUVEAU! .....	126
Exposition professionnelle des pompiers d'Ottawa en service aux retardateurs de flamme halogénés et organophosphorés, ainsi qu'aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées – NOUVEAU! .....	126
Possibilités d'analyse de l'exposition aux substances chimiques dans les populations racialisées au Canada : une enquête fondée sur l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé – NOUVEAU! .....	127
Analyse des voies d'effet – Impacts multiples de l'utilisation des terres sur les déterminants sociaux de la santé dans un contexte canadien – NOUVEAU! .....	127
Identification des phases des nanopoudres d'oxyde métallique achetées auprès de distributeurs en ligne .....	128
Modélisation physiologique de la réponse immunitaire aux substances polyfluoroalkylées (PFAS) – NOUVEAU!.....	128
Caractérisation physicochimique et mesures de la toxicité des nanomatériaux prioritaires – NOUVEAU!.....	129
Projet Apollo : Évaluation de solutions numériques d'apprentissage par le jeu pour une sensibilisation optimisée à la santé environnementale ciblant les jeunes.....	129

Couplage de bases de données : étude du lien entre les niveaux d'exposition aux substances chimiques dans l'environnement et les résultats sur la santé.....	130
Outil de dépistage rapide de la perturbation des réponses au stress endocrinien liées aux origines développementales des maladies – NOUVEAU!.....	130
Potentiel toxique relatif des variantes nanoparticulaires de la silice et du dioxyde de titane .....	131
Criblage des substances chimiques ToxCast par un test d'inhibition de la peroxydase thyroïdienne humaine – NOUVEAU! .....	132
Effets des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) sur l'escargot d'eau douce <i>Planorbella pilsbryi</i> et l'amphipode <i>Hyaella azteca</i> .....	132
Caractérisation systématique et validation préliminaire de méthodes et de modèles d'essais à fondement génomique ne faisant pas appel à des animaux ( <i>in vitro</i> et <i>ex vivo</i> ) pour l'évaluation de l'innocuité des nanomatériaux .....	133
Essai de nanomatériaux au moyen de modèles de toxicité utilisant le poisson zèbre – NOUVEAU!.....	134
Analyse des effets des inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) sur le poisson-zèbre ( <i>Brachydanio rerio</i> ).....	134
L'association entre les concentrations sanguines de PFAS et les tests biochimiques et hématologiques reflétant la fonction des organes chez les participants à l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) – NOUVEAU! .....	135
L'impact du comportement de dissolution des nanomatériaux d'oxyde métallique sur la réponse toxicologique .....	136
Modernisation de l'évaluation des risques : une nouvelle approche méthodologique pour la détection intégrée des substances chimiques génotoxiques – NOUVEAU!.....	136
Extrapolation toxicocinétique pour le criblage à haut débit de substances chimiques pro-mutagènes – NOUVEAU! .....	137
Tendances des concentrations de substances chimiques dans l'environnement au sein de la population canadienne : Analyse des données de biosurveillance humaine de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé – NOUVEAU! .....	138
Taux d'absorption des dispositifs d'échantillonnage personnels en silicone : validation du principe .....	138
Utilisation des profils d'expression génique pour faciliter la lecture croisée des données pour les PFAS et les mélanges de PFAS prioritaires – NOUVEAU!.....	139
Utilisation du profilage de l'expression génique pour l'évaluation de la puissance et du mode d'action des mélanges de bisphénols – NOUVEAU!.....	140
Utilisation de nouvelles approches méthodologiques pour faciliter le classement de l'activité et l'évaluation du mode d'action de 25 bisphénols .....	140
Validation du modèle du poisson-zèbre ( <i>Brachydanio rerio</i> ) en tant que NAM <i>in vivo</i> dans l'évaluation du potentiel de perturbation du système endocrinien et de toxicité générale des substances chimiques .....	141

Virulence des <i>Acinetobacter baumannii</i> opportunistes dans les mélanges microbiens liés aux biotechnologies – NOUVEAU! .....	142
---	-----

**PESTICIDES..... 143**

Élaboration d'un cadre de production de rapports à l'appui d'une justification de dérogation pour les études sur le cancer dans l'évaluation des risques liés aux pesticides – NOUVEAU!.....	143
Estimation des concentrations de pesticides dans les eaux d'inondation de champs de canneberges .....	143
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada : Résultats d'une analyse pluriannuelle sur l'absorption cutanée .....	144
Efficacité d'un modèle de bande végétative filtrante pour la réduction des pesticides dans le ruissellement de surface .....	145
Mise à jour sur l'approche de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire à l'égard des essais non sur les animaux .....	146

**MÉDICAMENTS PHARMACEUTIQUES ..... 147**

PSQM : Un programme qui surveille la qualité des produits pharmaceutiques sur le marché canadien .....	147
--	-----

**RADIOPROTECTION ..... 148**

Une meilleure compréhension de la dosimétrie du radon par la caractérisation des aérosols dans l'air intérieur et la simulation informatique .....	148
Un résumé des enquêtes sur le radon résidentiel et de l'influence des caractéristiques du logement sur les concentrations de radon à l'intérieur du Canada – NOUVEAU!.....	148
Élaboration d'un essai de dosimétrie biologique .....	149
Évaluation des effets biologiques de l'exposition à une lumière semi-conductrice de différentes longueurs d'onde sur des cellules de cristallin et de rétine humaines en culture – NOUVEAU!.....	149
Évaluer l'impact des nouvelles stratégies de communication de l'information sur les risques pour la santé du radon, les tests de dépistage et les mesures d'atténuation à la population plus jeune du Canada.....	150
Évaluation des stratégies d'atténuation du radon dans l'environnement canadien.....	150
Évaluation de la contribution du thoron à l'exposition au radon à l'intérieur des bâtiments au Canada – NOUVEAU! .....	151
Projet de renforcement des capacités d'analyse nucléolégale dans l'atmosphère (PRCANA) .....	151
Biomarqueurs de l'exposition à de faibles doses de rayonnement ionisant .....	152
La sommation de coïncidence : revue de la littérature et mise en œuvre d'un algorithme de sommation de coïncidence – NOUVEAU! .....	153
Enquête ciblée sur les perspectives canadiennes concernant le bruit ambiant – NOUVEAU!.....	153

Mise au point d'un dosimètre de référence permettant de distinguer la contribution des neutrons de celle des autres composantes du rayonnement cosmique – NOUVEAU! .....	154
Élaboration d'une voie associée aux effets toxiques en rapport avec la toxicité rénale induite par l'uranium. ....	155
Effet des troubles du sommeil sur les biomarqueurs liés à la production d'effets indésirables sur la santé : Une revue systématique de la littérature humaine – NOUVEAU! .....	156
Efficacité des exigences du Code national du bâtiment de 2010 – NOUVEAU! .....	156
Dosimétrie d'urgence .....	157
Surveillance de l'environnement et exposition externe aux rayonnements naturels au Canada – NOUVEAU! .....	157
Estimation des exigences géospatiales pour les mesures de protection à proximité des centrales nucléaires canadiennes!.....	158
Estimation de l'exposition de la population aux rayons gamma terrestres au Canada – NOUVEAU! .....	158
Explorer la voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables dans le cadre de l'évaluation des risques liés au rayonnement .....	159
Caractérisation de l'exposition – tomographie volumique à faisceau conique .....	160
Réseau de surveillance en poste fixe .....	160
Analyse nucléolégale et reconstruction en cas d'événement lié à des radionucléides (FREAR).....	161
Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada.....	161
Identification des biomarqueurs de l'exposition au gaz radon .....	162
Justification et méthodologie pour la caractérisation des niveaux sonores de référence .....	162
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) .....	163
Mesure des radionucléides naturels dans des échantillons de sol du Sud de l'Ontario et évaluation de l'indice de concentration d'activité potentielle dans les matériaux de construction d'origine locale – NOUVEAU! .....	163
Mesure des effets psychosociaux attribuables aux mesures de protection en cas d'urgence nucléaire.....	164
Mesure de la charge de travail à l'aide de détecteurs couplés .....	165
Modélisation de l'élévation de la température de la peau par des champs de radiofréquences à ondes millimétriques .....	165
Surveillance de la radioactivité chez le caribou et le béluga après l'accident de Fukushima (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord) .....	166
Étude comportementale du Programme national sur le radon.....	166
Nouvelle méthodologie pour l'analyse du strontium radioactif dans le lait.....	167



Dispositifs d'écoute personnels et déficience auditive .....	167
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.....	168
Bruit en milieu de travail et maladies cardiovasculaires au Canada : Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) .....	169
Revue systématique de la force de la preuve qui soutient l'existence d'un lien entre l'exposition au bruit et les changements dans les facteurs de risque biologiques des maladies causées par le stress .....	169
Le Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR).....	170
Traité d'interdiction complète des essais nucléaires – Stations de détection de radionucléides et surveillance des radionucléides en laboratoire .....	171
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 ....	171
Valider les activités de surveillance en cas d'urgence à l'aide d'une quantité connue de matière radioactive .....	172
Étude sur le bruit des éoliennes et la santé : analyse du sommeil.....	173
<b>QUALITÉ DE L'EAU .....</b>	<b>174</b>
Conception d'enquêtes rentables sur l'eau potable au 21 <sup>e</sup> siècle : optimisation des analytes cibles, du choix des sites, de l'échantillonnage et des méthodes d'analyse .....	174
Étude des niveaux des substances perfluoroalkylées (PFAS) existantes et de leurs substances chimiques de remplacement dans des échantillons biologiques humains et des échantillons d'eau – NOUVEAU! .....	174
Transformation des microplastiques par les oxydants de l'eau potable et ses effets sur la sorption et la lixiviation des produits chimiques émergents potentiellement préoccupants pour la santé – NOUVEAU! .....	175

# INTRODUCTION

---

Le présent document inclut 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 à Santé Canada en 2021–2022. 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<sup>1</sup>. »*

Cette recherche comprend :

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

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

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

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

---

<sup>1</sup> 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.



## LÉGENDE

<b>ADME</b>	Absorption, distribution, métabolisme et excrétion
<b>AOP</b>	Voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables
<b>ARA</b>	Antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II
<b>ARC</b>	Accord de recherche concertée
<b>ARLA</b>	Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
<b>ARTSSN</b>	Réseau du système de surveillance en temps réel de l'Alberta
<b>BCCI</b>	Bureau des changements climatiques et de l'innovation, DSM
<b>BCCSU</b>	Centre sur la consommation de substances de la Colombie-Britannique
<b>BECSN</b>	Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles
<b>BERSE</b>	Bureau d'évaluation des risques pour les substances existantes
<b>BPRPCC</b>	Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation
<b>BQEA</b>	Bureau de la qualité de l'eau et de l'air
<b>BRP</b>	Bureau de la radioprotection
<b>BRS</b>	Bureau de la recherche et de la surveillance, Direction de la lutte contre le tabagisme, Direction générale des substances contrôlées et du cannabis
<b>BSRSE</b>	Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale
<b>BVF</b>	Bande végétative filtrante
<b>CAMAPS</b>	Étude sur la pollution de l'air marin dans la région atlantique du Canada
<b>CANDU</b>	CANada Deuterium Uranium
<b>CAS</b>	Cote air santé
<b>CBC</b>	Complexe <i>Burkholderia cepacia</i>
<b>CC</b>	Changements climatiques
<b>CEE</b>	Concentration estimée dans l'environnement
<b>COSV</b>	Composé organique semi-volatil
<b>COV</b>	Composé organique volatil
<b>CP</b>	Chercheur principal (ou personne-ressource principale pour le projet)
<b>DEET</b>	<i>N,N</i> -diéthyl-3-méthylbenzamide
<b>DGORAL</b>	Direction générale des opérations réglementaires et de l'application de la loi
<b>DGSCC</b>	Direction générale des substances contrôlées et du cannabis
<b>DSM</b>	Direction de la sécurité des milieux
<b>DSPCPD</b>	Direction de la sécurité des produits de consommation et des produits dangereux
<b>DSSER</b>	Direction des sciences de la santé environnementale et de la radioprotection
<b>DIN</b>	Numéro d'identification de médicament
<b>ECMS</b>	Enquête canadienne sur les mesures de la santé
<b>EIVIV</b>	Extrapolation in vitro-in vivo

<b>EPAEQ</b>	Étude sur l'exposition à la pollution atmosphérique et l'épidémiologie à Québec
<b>EPI</b>	Équipement de protection individuelle
<b>EQAM</b>	Étude de la qualité de l'air dans le métro
<b>ERSH</b>	Évaluation des risques pour la santé humaine
<b>ESCC</b>	Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes
<b>FCEN</b>	Fichier canadien sur les éléments nutritifs
<b>FI</b>	Facteur d'incertitude
<b>FREAR</b>	Analyse nucléolégale et reconstruction en cas d'événement lié à des radionucléides
<b>IH LCPA</b>	Initiative horizontale : Lutte contre la pollution atmosphérique (anciennement le Programme de réglementation de la qualité de l'air [PRQA])
<b>IRSC</b>	Instituts de recherche en santé du Canada
<b>IRTF</b>	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
<b>ITAS</b>	Indicateur sur les tendances air-santé
<b>LAD</b>	<i>Loi sur les aliments et drogues</i>
<b>LCPE</b>	<i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)</i>
<b>LPAME</b>	Projet de laboratoire sur la pollution atmosphérique par les microplastiques et étude de l'exposition connexe
<b>LRSC</b>	Liste révisée des substances commercialisées
<b>LSP</b>	Laboratoire de la sécurité des produits
<b>MDMA</b>	3,4-méthylènedioxy-méthamphétamine
<b>MEST</b>	Étude de modélisation de l'exposition spatiale et temporelle à Calgary
<b>MIREC</b>	Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement
<b>MUI</b>	Modèles urbains intégrés
<b>NAM</b>	Nouvelle approche méthodologique
<b>NM</b>	Nanomatériaux
<b>OAIEG</b>	Outil d'analyse intégrée pour l'évaluation de la génotoxicité
<b>OCDE</b>	Organisation de coopération et de développement économiques
<b>OEBQA</b>	Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la Santé
<b>PACA</b>	Pollution atmosphérique liée à la circulation automobile
<b>PASCF</b>	Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux
<b>PCSS</b>	Programme canadien pour la sûreté et la sécurité
<b>PE</b>	Protocole d'entente
<b>PFAM</b>	Pesticides dans l'agriculture inondée
<b>PFAS</b>	Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées
<b>PGPC</b>	Plan de gestion des produits chimiques mis en œuvre en vertu de la LCPE
<b>PGPC3</b>	Troisième phase du Plan de gestion des produits chimiques



<b>PM</b>	Matière particulaire (PM <sub>2,5</sub> = matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm; PM <sub>5</sub> = matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 5 µm)
<b>PRCANA</b>	Projet de renforcement des capacités d'analyse nucléolégale dans l'atmosphère
<b>PRQA</b>	Programme de réglementation de la qualité de l'air
<b>PSEA</b>	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
<b>PSQM</b>	Programme de surveillance de la qualité des médicaments
<b>PUF</b>	Particule ultrafine (matière particulaire dont le diamètre est inférieur à 0,1 µm)
<b>R[Q]SA</b>	Relation quantitative/qualitative structure-activité
<b>RCSR</b>	Réseau canadien de surveillance radiologique
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada
<b>ROP</b>	Recherche sur l'opinion publique
<b>RSSTRA</b>	Réseau de surveillance syndromique en temps réel de l'Alberta
<b>S et S du PGPC</b>	Programme de suivi et de surveillance du Plan de gestion des produits chimiques
<b>SAD</b>	Service d'analyse des drogues
<b>SAIC</b>	Systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur
<b>SCDAS</b>	Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances
<b>SCPP</b>	Substances chimiques potentiellement préoccupantes
<b>SCSDI</b>	Système canadien de surveillance des données sur les intoxications
<b>SHE-CTA</b>	Essai de transformation cellulaire sur cellules embryonnaires de hamster syrien
<b>SITF</b>	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
<b>SMART</b>	Outils de méta-analyse et d'examen systématiques à l'appui des évaluations scientifiques
<b>SRAS</b>	Syndrome respiratoire aigu sévère
<b>TCHEQ</b>	Questionnaire d'évaluation de la santé des enfants de Toronto
<b>TDM</b>	Toxicité à doses multiples
<b>TG</b>	Ligne directrice pour les essais
<b>UPLC</b>	Chromatographie liquide à ultra haute performance
<b>UPLC-QToF HR</b>	Chromatographie liquide à ultra haute performance couplée à la spectrométrie de masse de haute résolution à quadripôle et temps de vol
<b>MS</b>	
<b>VAET</b>	Voie associée aux effets toxiques
<b>MEVV</b>	Modèle d'eau à volume variable

# QUALITÉ DE L'AIR

## Effets aigus et chroniques sur la santé du potentiel oxydant des $PM_{2,5}$

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. 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 est employée à l'échelle mondiale afin de réglementer la qualité de l'air ambiant, alors qu'elle repose sur plusieurs années de preuves épidémiologiques et toxicologiques qui portent à croire à des effets défavorables sur la santé. Néanmoins, on reconnaît généralement que la concentration de la masse de particules ne représente qu'un substitut de dose de la véritable cause sous-jacente des effets sur la santé qui sont attribuables aux particules, ce qu'on qualifie souvent de « dose biologique efficace ». De façon particulière, on sait que le stress oxydatif joue un rôle important dans les effets sur la santé que provoquent les particules, incluant au niveau respiratoire et cardiovasculaire. Par conséquent, on a proposé de mesurer le potentiel oxydatif 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. En 2021–2022, ces données ont été associées aux données sur les consultations aux urgences et les cohortes fondées sur la population à l'appui des analyses épidémiologiques. Les résultats de l'étude ont été publiés en 2021. Ces résultats devraient également être publiés pour 2022. (CP : Scott Weichenthal)

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

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. Il est établi que le stress oxydatif joue un rôle important dans les effets sur la santé que provoquent les particules, y compris au niveau respiratoire et cardiovasculaire. Par conséquent, on a proposé de mesurer le potentiel oxydatif 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 contribuera à la mise à jour des lignes directrices sur l'évaluation des risques liés aux particules fines et à d'autres polluants (c.-à-d. l' $O_3$  et  $NO_2$  [ozone et dioxyde d'azote]) et contribuera également au Système de gestion de la qualité de l'air en identifiant les approches les plus efficaces pour améliorer la qualité de l'air et les stratégies locales de gestion de la zone atmosphérique. Un article scientifique a été publié en 2018 sur l'association entre le potentiel oxydant des  $PM_{2,5}$  et les issues de grossesse indésirables. Un autre article scientifique portant sur les composantes des  $PM_{2,5}$  et le développement de cancers et de l'asthme chez l'enfant a été publié en 2021. (CP : Éric Lavigne)



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

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. Pour appuyer la réponse à la pandémie de COVID-19, Santé Canada a mis à profit son expertise en matière de surveillance des aérosols et a contribué à clarifier les risques de transmission outre les contacts étroits. Peu d'études ont quantifié les concentrations en aérosols de SARS-CoV-2 dans les hôpitaux et les établissements de soins de longue durée. Les études au cours desquelles une évaluation de la viabilité des échantillons a été réalisée sont encore plus rares. Pour obtenir ces renseignements, l'équipe de recherche a déployé des échantillonneurs de particules d'air dans des salles d'hospitalisation et des unités de soins intensifs où se trouvaient des patients atteints de la COVID-19, ainsi que dans des chambres d'établissements de soins de longue durée aux prises avec des éclosions. Les échantillonneurs étaient placés à une distance de deux à trois mètres des patients. Les échantillons d'aérosols (des petites particules liquides en suspension dans l'air) ont été recueillis dans des filtres de gélatine au moyen d'échantillonneurs d'air personnel à ultrasons (Ultrasonic Personal Air Samplers [UPAS]) munis de buses qui s'adaptent à la taille des particules. Ces dispositifs ont été en marche pendant 16 heures, après quoi les échantillons ont été analysés pour détecter la présence de particules viables du virus SARS-CoV-2 et le génome viral par amplification en chaîne par polymérase (PCR). Les méthodes d'échantillonnage ont été approuvées par le Laboratoire national de microbiologie. En tout, 138 échantillons ont été recueillis dans 99 chambres. Aucun virus viable n'a été décelé, mais une faible quantité du génome de SARS-CoV-2 a été détecté dans environ 15 % des chambres à l'étude. Le projet a été réalisé en collaboration avec l'Agence de la santé publique du Canada et des partenaires de l'Université du Manitoba et de l'Université d'Ottawa. (CP : Gary Mallach) <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0258151>

## Indicateur sur les tendances air-santé (ITAS): faits récents et mises à jour

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques nocifs pour la santé attribuables à l'exposition à court terme à la pollution de l'air extérieur, afin d'appuyer l'Initiative horizontale de lutte contre la pollution atmosphérique. L'ITAS fournit de l'information sur la façon dont les risques pour la santé associés à l'exposition à la pollution de l'air extérieur changent au fil du temps, en tenant compte d'autres changements dans le profil démographique canadien, le profil de la qualité de l'air et le système de soins médicaux. L'ITAS mesure les changements quotidiens dans les décès toutes causes non accidentelles (p. ex. en raison de maladies cardiaques, circulatoires et respiratoires) et l'exposition à deux principaux polluants atmosphériques (ozone troposphérique (ozone troposphérique (ozone) et particules fines ( $PM_{2,5}$ )). Les rapports et les mises à jour de l'ITAS sont affichés sur le site Web d'Environnement et Changement climatique Canada et accessibles à tous les Canadiens depuis 2011. L'ITAS sera mis à jour régulièrement dans cinq domaines : la période d'étude, le nombre de villes, les résultats en matière de santé, les sous-populations vulnérables et les différences régionales. Afin d'obtenir des estimations plus fiables et moins biaisées des risques pour la santé publique, des données sur la mortalité pour les dernières années (2013–2015) et pour un plus grand nombre de villes (environ 80 divisions de recensement) ont été ajoutées à l'analyse nationale de l'ITAS. De plus,

les hospitalisations quotidiennes ont été analysées, ce qui représente environ 10 fois la mortalité quotidienne, ce qui permet aux chercheurs d'obtenir plus d'informations sur des causes spécifiques d'hospitalisation. À l'heure actuelle, les groupes de sous-populations sont à l'étude selon l'âge (non-senior vs senior) et le sexe biologique, car ces sous-groupes devraient être plus vulnérables à la pollution atmosphérique. Pour l'ITAS régionale, trois régions géographiques (Est, Centre et Ouest) font également l'objet d'une enquête. Ce projet a révélé des tendances différentes selon les résultats en matière de santé, le polluant, la région et le sexe: par exemple, des tendances à la baisse de la mortalité nationale ITAS pour l'ozone et les  $PM_{2,5}$ , mais une tendance à la hausse de l'hospitalisation nationale ITAS pour l'ozone. Les conclusions du projet permettront de mettre à jour le rapport Web de l'ITAS en 2022 et d'éclairer les études futures sur les sous-populations par âge/sexe/région vulnérables à la pollution de l'air extérieur. (CP : Hwashin Shin)

### **Surveillance de la qualité de l'air dans la ville de Hamilton avec une attention particulière aux zones de population marginalisée et sensible au moyen d'une technologie de surveillance de l'air à faible coût – NOUVEAU!**

La pollution atmosphérique est l'un des principaux fardeaux mondiaux en matière de santé environnementale. Elle contribue à environ 15 300 décès prématurés au Canada et coûte environ 120 milliards de dollars par année à l'économie canadienne. La lutte contre la pollution atmosphérique, en particulier pour les populations vulnérables, est une priorité pour Santé Canada. La Direction générale des opérations réglementaires et de l'application de la loi, Programme pour l'hygiène du milieu de l'Ontario, a financé des recherches dans le cadre d'un protocole d'entente avec la ville de Hamilton, auxquelles participaient des partenaires d'Environment Hamilton et du département de géographie, de géomatique et d'environnement de l'Université de Toronto, afin de surveiller et de mesurer les niveaux de pollution atmosphérique à Hamilton et de faire participer la communauté au cours du projet. Au cours de l'hiver et du printemps 2022, des dispositifs de surveillance de la qualité de l'air ont été déployés dans la ville de Hamilton, dans des quartiers où prédominent les populations marginalisées et vulnérables. Le benzène ( $C_6H_6$ ), le dioxyde d'azote ( $NO_2$ ), les oxydes d'azote ( $NO_x$ ), l'oxyde nitrique (NO) (disponible sous forme de  $NO_x - NO_2$ ), l'ozone troposphérique ( $O_3$ ) et le dioxyde de soufre ( $SO_2$ ) ont été choisis comme principaux polluants atmosphériques préoccupants à surveiller. Les sites seront échantillonnés de manière saisonnière pendant deux ans (2021–2023), et une série d'ateliers publics sera organisée pour faire participer la communauté au projet. Les données sur l'air, les données sociodémographiques et les données économiques seront combinées pour mieux comprendre la qualité de l'air dans les quartiers vulnérables, et pourront générer des interventions visant à réduire l'exposition à la pollution et à améliorer les résultats sanitaires futurs. Ce projet devrait permettre de sensibiliser les populations vulnérables vivant dans la ville de Hamilton à l'importance de la qualité de l'air pour la santé. (CP : Mainul Husain, Phoebe Tung et la Ville de Hamilton)



## 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. Une publication dans une revue scientifique décrivant les résultats devrait avoir lieu en 2022. (CP : Liu Sun)

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

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

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

Santé Canada a pour mandat d'évaluer les risques pour la santé des sources et des composantes de la pollution atmosphérique, d'identifier des populations vulnérables particulières et d'aider les Canadiens à maintenir et à améliorer leur santé. La Cote air santé (CAS) est un important outil de communication quotidien pour fournir des conseils au public sur la protection de sa santé contre les effets néfastes sur la santé d'une exposition à court terme à la pollution de l'air extérieur. La CAS actuelle additionne les risques de mortalité associés à trois principaux polluants atmosphériques (ozone troposphérique (ozone), dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et particules fines (PM<sub>2,5</sub>)) individuellement. Afin d'améliorer et de mettre à jour la CAS actuelle, ce projet s'est fixé quatre objectifs pour l'amélioration du modèle, les résultats en matière de santé et les extensions temporelles et spatiales. Premièrement, nous avons amélioré le modèle actuel pour tenir compte des corrélations entre les trois polluants atmosphériques spécifiés, ce qui réduirait les sous-estimations ou les surestimations leurs effets nocifs combinés sur la santé. Deuxièmement, nous ajouterons les résultats pour la santé avec une extension au-delà de la mortalité à l'hospitalisation. Troisièmement, nous mettons à jour la période d'étude d'une période de 10 ans (1991–2000) à une période plus récente de 15 ans (2001–2015). Quatrièmement, nous étendons les zones d'étude à d'autres zones urbaines et rurales, couvrant au moins 80% de la population canadienne. Ces mises à jour peuvent fournir de nouveaux renseignements sur l'exposition à court terme dans les régions rurales et pendant les jours d'événements extrêmes locaux comme les feux de forêt et la fumée de bois d'hiver qui sont liés aux concentrations de PM<sub>2,5</sub>. L'impact de ces journées d'exposition extrêmement élevée sur les résidents locaux pourrait être différent de celui des jours sans incident. Ce projet a déjà permis d'atteindre trois des quatre objectifs, le quatrième objectif restant en raison du manque de disponibilité des données, qui sera achevé à mesure que les données sur la pollution atmosphérique pour les zones rurales seront disponibles. Les résultats de l'étude sur la cas de mortalité et la CAS des hospitalisations amélioreront les communications quotidiennes avec les Canadiens et protégeront les Canadiens contre les risques évitables pour la santé en fournissant des renseignements à jour sur les effets nocifs sur la santé liés aux trois principaux polluants atmosphériques. (CP : Hwashin Shin)

## Association entre la pollution atmosphérique et la dynamique de la pandémie de COVID-19 au Canada

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. La propagation du SARSCoV2, comme la propagation d'autres virus respiratoires, peut être due à la transmission facile de gouttelettes respiratoires dans l'air, ce qui expose le virus aux conditions environnementales extérieures. L'exposition à court terme à la pollution atmosphérique est un facteur de risque d'infections respiratoires. D'ailleurs, un nombre croissant de données probantes indique que les petites particules peuvent faciliter le transport et la propagation du SARSCoV2, une découverte qui a de profondes conséquences. La pollution atmosphérique pourrait également épuiser les défenses immunitaires et ainsi accroître la sensibilité à l'infection. Cette étude de cas croisée épidémiologique vise à évaluer l'effet à court terme de la pollution atmosphérique sur les cas confirmés de COVID-19



dans l'ensemble des régions sanitaires du Canada. Plus précisément, des données environnementales pour chaque région sanitaire du Canada seront utilisées et permettront d'évaluer si les changements quotidiens concernant la pollution atmosphérique ont une incidence sur le taux de transmission de la COVID-19 quotidiennement. Un manuscrit décrivant les résultats de l'étude a été publié en 2022. (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. Cette 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 cartographier les risques d'exposition à court terme (quotidienne et hebdomadaire) et à long terme (exposition saisonnière et annuelle) aux polluants atmosphériques ( $\text{NO}_2$ , COV,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ , 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 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 locale et l'atténuation des risques pour la santé. Un premier manuscrit devrait être publié en 2023. (CP : Markey Johnson)

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

Les navires de grande taille 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 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 relatif aux 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. Ce règlement vise à réduire les émissions de  $\text{SO}_2$  et de  $\text{PM}_{2,5}$  des navires, améliorant ainsi la qualité de l'air ambiant dans les villes portuaires canadiennes. L'étude canadienne relative aux polluants atmosphériques émis par les navires sur la côte atlantique (Canadian Atlantic Marine Air Pollution Study [CAMAPS]) porte sur l'analyse de l'incidence du règlement sur l'exposition ambiante des Canadiens qui vivent à Halifax, en Nouvelle-Écosse. Un échantillonnage a été effectué sur une période d'un an en vue d'établir la teneur des principaux polluants atmosphériques ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{NO}_2$ , CO,  $\text{O}_3$ ) dans l'air ambiant et la composition élémentaire des  $\text{PM}_{2,5}$ . 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 plus en profondeur les répercussions possibles sur la santé humaine découlant de la mise en œuvre du règlement, on a également mesuré, dans le cadre de l'échantillonnage, la concentration de carbone noir. L'analyse inclura les estimations concernant l'exposition en équivalent toxique pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) associés aux  $PM_{2,5}$ . Des ensembles de données sur le terrain ont été produits. Jusqu'à présent, les résultats indiquent que le règlement sur les carburants marins à faible teneur en soufre a permis de réduire considérablement la concentration de  $SO_2$  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 Anastasopoulos)

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

L'exposition à la pollution de l'air ambiant pendant la grossesse a été associée à un faible poids à la naissance, à une naissance prématurée, à des effets sur la santé maternelle ainsi qu'à plusieurs maladies atopiques infantiles et troubles neurologiques du développement. Cependant, les données probantes sur les effets de la pollution atmosphérique sur ces résultats sont toujours limitées en raison d'autres facteurs pouvant intervenir dans cette relation complexe, lesquels n'ont peut-être pas été pris en compte dans les études antérieures (p. ex. le tabagisme et la consommation d'alcool pendant la grossesse, l'indice de masse corporelle maternel, la prise de poids chez la mère pendant la grossesse, les affections concomitantes chez la mère). D'autres données probantes sont également requises au sujet de l'exposition à la fumée des feux de forêt pendant la grossesse et des effets d'autres facteurs environnementaux urbains importants (p. ex. espaces verts, accessibilité piétonnière, bruit, chaleur) sur les issues défavorables de la grossesse ainsi que les résultats défavorables chez la mère et pendant l'enfance. La présente étude vise à évaluer le risque lié à l'exposition à la pollution atmosphérique sur l'issue de la grossesse, les complications chez la mère pendant la grossesse et les maladies de l'enfance tout en tenant compte des expositions complexes à d'autres facteurs environnementaux présents dans les milieux urbains. Les résultats de l'étude seront utilisés pour appuyer les évaluations des risques, la prise de décisions en matière de réglementation et les messages sur la santé de Santé Canada visant à s'attaquer aux répercussions de la pollution atmosphérique. Un manuscrit scientifique sur les interactions entre les facteurs environnementaux urbains et la santé maternelle a été publié en 2022. Les résultats sur l'effet des feux de forêt sur les issues défavorables de la grossesse au Canada ont été présentés en 2021. (CP : Éric Lavigne)



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

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

## Étude d'intervention dans le domaine de la pollution atmosphérique chez les navetteurs

La pollution atmosphérique attribuable à la circulation automobile (PACA) est un facteur grandement reconnu qui contribue à la formation du smog, en plus d'être lié aux conséquences défavorables sur la santé. Même si les polluants atmosphériques 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 migrants 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 pollution atmosphérique provoquée par la circulation. Aux fins de cette 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 du rythme cardiaque, ainsi que 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 impacts 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 réduisent d'environ un tiers l'exposition aux particules à l'intérieur du véhicule. Les concentrations de polluants à l'intérieur de la voiture étaient particulièrement élevées dans les tunnels. La présente recherche aidera à comprendre la façon dont cet environnement contribue à l'exposition totale des Canadiens à la pollution atmosphérique et les effets possibles sur la santé, en plus de vérifier l'efficacité des filtres d'habitacle en guise de mesure d'intervention directe et économique pour réduire l'exposition. Une publication scientifique est parue en 2021. Une deuxième publication est prévue en 2022. (CP : Gary Mallach)

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

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



des interactions complexes entre la santé et l'exposition à la circulation routière, les facteurs ou les caractéristiques socio-économiques et sociodémographiques (âge, sexe, niveau de scolarité et revenu du ménage, statut d'emploi, appartenance à une minorité visible, statut d'immigrant), les conditions météorologiques, les microclimats et les espaces verts. (CP : Sabit Cakmak)

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

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. Les modèles de régression de l'utilisation des terres (RUT) permettent de procéder à des estimations à long terme de la pollution atmosphérique spatiale à petite échelle. Les modèles de transport chimique permettent de prévoir les concentrations de pollution atmosphérique avec référence temporelle et 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. Des estimations plus précises de l'exposition à la pollution atmosphérique améliorent notre capacité d'évaluer les risques pour la santé qui résultent d'une exposition à long et à court terme à la pollution atmosphérique. Ces résultats auront pour effet de consolider les études épidémiologiques rétrospectives et prospectives en produisant des estimations plus précises de l'exposition. Des modèles hybrides visant le NO<sub>2</sub> et les PM<sub>2,5</sub> ont été créés pour une seule année expérimentale. Ces modèles seront ensuite étendus à la période allant de 2000 à 2020. Les données issues de ce projet seront appliquées aux cohortes existantes en santé afin d'estimer les répercussions de la pollution atmosphérique à court terme dans les zones urbaines et non urbaines un peu partout au Canada. (CP : Markey Johnson)

### **Répercussions de la variation temporelle des émissions industrielles de polluants atmosphériques sur l'incidence de l'asthme chez les enfants au Québec – recherche 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<sub>2,5</sub>), 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. Le modèle de transport des substances chimiques POLAIR3D a été utilisé aux fins de l'estimation des concentrations de polluants dans l'air ambiant provenant des secteurs de l'industrie et du transport. Les changements

annuels relatifs à l'exposition aux polluants de l'air ambiant émis par les secteurs industriels dans chacune des petites zones (secteurs de recensement dans les centres urbains et territoires des services de santé locaux dans les zones rurales) ont été estimés. Les associations entre les concentrations de polluants de l'air ambiant provenant des émissions de l'industrie et l'apparition de l'asthme chez les enfants ont été étudiées au moyen de modèles de régression à effets fixes en fonction de l'âge, du sexe et du revenu annuel médian des ménages. Dans les analyses de sensibilité, la fumée de tabac ambiante et les particules fines et le dioxyde d'azote régionaux ont été ajustés dans des modèles. Les secteurs industriels particuliers du raffinage de pétrole, des fonderies de métaux et des usines de pâtes et papiers ont été étudiés séparément. Les résultats préliminaires démontrent des associations significatives entre la pollution atmosphérique liée aux émissions industrielles et l'apparition de l'asthme chez les enfants, dans les trois secteurs étudiés. En 2022, des analyses des avantages potentiels pour la santé de la réduction des émissions industrielles seront effectuées. Le présent projet alimente les données probantes sur les répercussions des mesures réglementaires et non réglementaires prises par le gouvernement en matière d'émissions industrielles sur la santé pulmonaire des enfants. Les fonctions concentration-réponse découlant du projet pourraient permettre d'estimer les coûts-avantages liés à la réduction des émissions industrielles et de déterminer les secteurs industriels qui doivent faire l'objet de mesures de gestion de la qualité de l'air en priorité. (CP : Ling Liu)

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

Selon la Société canadienne de pédiatrie, le logement a une incidence directe sur la santé des enfants et des jeunes. Les logements surpeuplés et inadéquats représentent un problème particulièrement répandu chez les Premières Nations et les Inuits, qui contribue à l'augmentation du nombre d'enfants hospitalisés pour des maladies des voies respiratoires. 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 enregistrées sur la qualité de l'environnement intérieur et le lien entre celles-ci et la santé respiratoire de l'enfant. En travaillant plus efficacement avec les communautés, nous pourrions définir des améliorations simples à apporter aux résidences et d'autres interventions sur les bâtiments qui pourraient améliorer la santé respiratoire des populations vulnérables. Les conclusions de l'étude serviront aussi à guider des études ou des interventions semblables ultérieures dans des réserves des Premières Nations éloignées partout au Canada. Les travaux sur le terrain ont été terminés



au printemps 2019, et 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 a été publié en 2021 et un deuxième devrait être présenté aux fins de publication en 2022. (CP : Gary Mallach)

### **Projet de modélisation urbaine intégrée**

En appui au gouvernement fédéral qui prend des 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 visant 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 a permis d'inclure l'exposition à la pollution atmosphérique, les 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 spécifiquement, SMARTPLANS utilise 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. L'expansion de la plateforme SMARTPLANS contribuera à promouvoir des villes plus saines en facilitant l'analyse des répercussions qu'auraient différentes décisions stratégiques sur un ensemble d'indicateurs sociaux, économiques, environnementaux et de la santé, y compris l'exposition à la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé des Canadiens. L'étude a permis de créer un outil convivial de soutien à la planification qui est 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 a été déployée dans cinq villes au Canada, soit London, Halifax, Vancouver, Ottawa et Calgary. Les derniers ateliers ont été offerts aux utilisateurs finaux en 2022. (CP : Markey Johnson)

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

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. 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. 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). Tous les échantillons de salive 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. L'analyse des données sur les mesures de la santé a donné des résultats peu clairs jusqu'à présent et une analyse et une interprétation supplémentaires seront nécessaires pour démêler si les effets de la pollution atmosphérique sur la santé diffèrent chez les personnes selon qu'elles présentent ou non ces variants de gènes. Les résultats pourraient fournir des renseignements biologiques importants sur la façon dont les niveaux de pollution, même très faibles, peuvent avoir des répercussions sur la santé et pourraient permettre d'établir des liens mécanistes possibles entre la pollution de l'air et les effets sur la santé. Ces renseignements pourraient être utiles ultérieurement pour l'élaboration d'interventions ou de messages visant à protéger les personnes présentant une sensibilité génétique aux effets du stress oxydatif provoqué par la pollution atmosphérique. (CP : Dave Stieb)

### **Effets combinés de l'exposition à des aéroallergènes et aux polluants atmosphériques extérieurs en milieu urbain**

L'exposition à court terme à des aéroallergènes semble exacerber les 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 ou du début de la vie de l'enfant contribue à l'apparition de l'asthme et de symptômes 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. Un important point faible des études épidémiologiques publiées est que l'exposition a généralement été évaluée à l'aide de données sur le pollen provenant d'un 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 2021. Au moyen des données de l'étude canadienne sur le développement longitudinal du nourrisson en santé (CHILD), une cohorte de naissances 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 manuscrit scientifique sur les variations spatio-temporelles des aéroallergènes dans la ville de Toronto a été publié en 2021. (CP : Éric Lavigne)

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

Santé Canada cherche à mieux comprendre les multiples sources d'exposition qui sont associées aux caractéristiques diverses des milieux urbains. L'étude TCHEQ (questionnaire d'évaluation de la santé des enfants de Toronto) a permis d'établir une cohorte de 5 619 élèves de première et de deuxième années (âgés de 5 à 9 ans) de Toronto en 2006 et de recueillir des données détaillées sur la santé des enfants et des parents, les caractéristiques sociodémographiques et les expositions au domicile. Les cohortes canadiennes qui comptent autant d'enfants sont peu nombreuses. Dans l'étude initiale, la prévalence de l'asthme avait été associée au dioxyde d'azote chez les enfants présentant d'autres maladies allergiques, comme le rhume des foins et l'eczéma. Dans le cycle précédent du Programme de réglementation de la qualité de l'air (PRQA), on avait couplé les données des participants à l'étude TCHEQ avec les données sur l'utilisation des soins de santé de l'Ontario hébergées à l'Institut de recherche en services de santé (IRSS) pour déterminer le nombre de nouveaux cas d'asthme et d'autres maladies allergiques 15 ans après l'étude initiale, et pour examiner les associations avec la pollution atmosphérique. 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. Le potentiel oxydatif des particules a également augmenté le risque d'asthme, mais pas de rhinite allergique ou d'eczéma. D'autres variables de l'environnement bâti (proximité des routes, verdure, numération du pollen) n'étaient pas associées à l'asthme, à la rhinite allergique ou à l'eczéma. L'exposition à la pollution atmosphérique n'était pas associée aux médicaments ni à l'utilisation des tests de laboratoire dans cette population à l'étude. Une meilleure compréhension des effets longitudinaux de la pollution atmosphérique et des aéroallergènes, et la capacité d'exercer un contrôle sur les sources d'exposition viennent appuyer les efforts de Santé Canada relativement au processus décisionnel réglementaire et aux messages relatifs à la santé. (CP : Dave Stieb)

### **Exposition de longue durée à la pollution de l'air ambiant et effets sur la santé cardiovasculaire, respiratoire et neurologique chez les personnes âgées : Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement The Canadian Longitudinal Study on Aging**

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 couvrira de nombreuses années 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 pendant un suivi sur une période de six ans les modifications du

fonctionnement cognitif et l'incidence des troubles cardiaques, pulmonaires et neurologiques associés aux concentrations d'ozone (O<sub>3</sub>), de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de particules fines (PM<sub>2,5</sub>) 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. Cette étude longitudinale aidera à éclaircir les effets de la qualité de l'air sur les personnes âgées et à jeter les bases nécessaires à la poursuite de cette étude de longue durée sur une période de 20 ans. Un objectif secondaire du projet est de déterminer s'il existe des sous-groupes vulnérables en stratifiant les résultats par sexe, par niveau de scolarité, par revenu, par milieu (rural ou urbain) et par présence (au début de l'étude) de maladies comorbides chroniques, notamment le diabète, les maladies cardiovasculaires et la maladie pulmonaire obstructive chronique. L'étude sera unique et fournira quelques-unes des données les plus définitives sur la relation entre la qualité de l'air et le fonctionnement cognitif au Canada. (CP : Bob Dales)

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

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



## **Analyse écologique nationale et locale des PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, de la verdure et de la COVID-19 à long terme – NOUVEAU!**

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. De nombreuses études ont montré que l'exposition à la pollution atmosphérique est associée à un large éventail d'effets néfastes pour la santé, notamment un risque accru d'infection respiratoire. On ignore si l'exposition à la pollution atmosphérique augmente le risque d'infection par le nouveau coronavirus (COVID-19). Dans la présente étude, on a examiné si le nombre de cas d'infection par la COVID-19 est lié aux niveaux de pollution atmosphérique dans 111 régions sanitaires canadiennes, ainsi que dans 140 quartiers de Toronto, en tenant compte d'autres facteurs comme la race, le revenu, la météo, la densité de population et le temps écoulé depuis le nombre maximal de cas. L'analyse nationale a révélé une association positive entre l'incidence des cas de COVID-19 et l'exposition à long terme à des particules fines. L'association était plus importante et plus forte dans les régions sanitaires présentant des taux plus élevés de COVID-19 et dans les régions sanitaires où l'on s'attend à ce que l'exposition estimée aux particules fines soit plus précise. L'analyse de Toronto a révélé une association positive entre l'incidence de COVID-19 et l'exposition à long terme aux dérivés réactifs de l'oxygène présents dans les particules fines. L'association était plus importante dans les quartiers ayant une proportion plus élevée de résidents noirs. Ces résultats nécessitent un examen plus poussé au moyen d'études fondées sur des données recueillies à l'échelle individuelle plutôt que sur des données régionales. (CP : Dave Stieb)

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

Il a été établi que les matériaux de construction rejettent des polluants dans l'air intérieur. Des études récentes semblent indiquer que les concentrations de composés organiques volatils (COV) dans les maisons neuves pourraient dépasser les limites d'exposition fondées sur des critères sanitaires, étant donné que les enveloppes des bâtiments sont de plus en plus hermétiques. Des préoccupations ont également été soulevées quant aux concentrations de composés organiques semi-volatils (COSV), notamment les produits ignifuges, présents dans cet environnement. Cependant, les études existantes portent généralement sur un petit nombre de maisons, sont habituellement réalisées à un moment précis dans le temps et ne sont pas évaluées selon le contexte canadien. Pour combler ces lacunes dans les connaissances, la présente étude pluriannuelle vise à mesurer les concentrations de COV et de COSV tout de suite avant l'occupation, ainsi qu'à différents moments dans le temps au cours de la première année d'occupation, dans 40 maisons nouvellement construites à Ottawa. Les renseignements sur les facteurs qui influent sur les résultats de la surveillance, dont le taux de renouvellement de l'air, le comportement des occupants et les caractéristiques de la maison, sont également recueillis. L'étude sur la qualité de l'air dans les maisons neuves a pour objectif : de mesurer les concentrations de COV et de COSV dans les maisons neuves; de comprendre comment ces concentrations se comparent aux limites d'exposition existantes fondées sur des critères sanitaires ou aux concentrations mesurées précédemment dans des maisons au Canada; d'examiner l'évolution de ces concentrations au cours de la première année d'occupation. L'étude donne également l'occasion d'entreprendre des travaux préliminaires sur les microplastiques, qui représentent un problème

émergent et une priorité du gouvernement du Canada. Les résultats de l'étude éclaireront les activités d'évaluation et d'atténuation des risques, notamment les lignes directrices fondées sur des critères sanitaires à l'intention des organisations et des personnes en ce qui concerne les contaminants de l'air intérieur dans les nouvelles maisons. Ils pourraient également éclairer l'élaboration de normes relatives aux produits et les modifications apportées au Code national du bâtiment. La pandémie de COVID-19 a eu des conséquences importantes sur la durée du travail sur le terrain, qui a débuté en 2019 et sera prolongé jusqu'en 2023–2024. (CP : Keith Van Ryswyk)

### **Modélisation de surface par régression de l'utilisation des terres pour le NO<sub>2</sub> – NOUVEAU!**

Santé Canada est responsable de l'évaluation et de la gestion des risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition aux polluants atmosphériques présents dans l'environnement. Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est un polluant atmosphérique urbain connu et associé à des risques pour la santé. Les niveaux de pollution atmosphérique par le NO<sub>2</sub> au Canada sont estimés uniquement à l'aide de modèles de régression de l'utilisation des terres (RUT). Les estimations nationales des niveaux de pollution atmosphérique par le NO<sub>2</sub> peuvent être utilisées pour évaluer l'exposition à long terme de la population à ce polluant et les risques sanitaires associés, et doivent être mises à jour au fil du temps. Au cours de l'exercice 2021–2022, les modèles RUT ont été mis à jour pour inclure les concentrations nationales de NO<sub>2</sub> pour la période allant de 2016 à 2019 inclus, avec les données annuelles de surveillance du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) pour la même période, et le nouveau fichier de points d'îlots de recensement de 2021. Les mises à jour de l'approche de modélisation de la RUT depuis 2016 ont donné la priorité à la cohérence du modèle afin de permettre le suivi des tendances des concentrations de NO<sub>2</sub> et de l'exposition au fil du temps. Au cours de l'exercice 2022–2023, le modèle RUT pour les concentrations de NO<sub>2</sub> est mis à jour pour inclure les concentrations de NO<sub>2</sub> en 2020, en tenant compte des restrictions de voyage COVID-19 et des politiques de maintien à domicile qui ont été mises en place en 2020 et qui peuvent avoir modifié de manière substantielle les concentrations de NO<sub>2</sub>. La dernière mise à jour du modèle RUT pour les concentrations de NO<sub>2</sub> en 2020 explorera également l'intégration du nouvel instrument de surveillance troposphérique par satellite (TROPOMI) et des variables prédictives du trafic. (PI : Ling Liu, Pierre Raymond)

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

Les polluants atmosphériques urbains comme le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le carbone noir (CN), les particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et les particules ultrafines (PUF) sont omniprésents dans les milieux urbains canadiens et ont été évoqués comme des facteurs contribuant au risque de plusieurs maladies cardiopulmonaires et cancers. Des recherches antérieures réalisées à Santé Canada ont permis d'effectuer la modélisation de l'exposition à la pollution atmosphérique liée à différents polluants dans plusieurs villes canadiennes. Cependant, la ville de Québec demeure un grand centre urbain pour lequel il y a peu de données sur les surfaces d'exposition à la pollution atmosphérique issues d'un modèle de régression de l'utilisation des terres (RUT). La création de nouvelles surfaces définies à l'aide d'un modèle de RUT serait utile dans une ville pour laquelle on dispose d'énormément de données épidémiologiques provenant du Système intégré de surveillance des maladies chroniques du Québec.



De plus, la population locale s'inquiète des risques pour la santé humaine associés à la pollution atmosphérique provenant du Port de Québec et de l'Aéroport international Jean-Lesage. Des analyses permettant de vérifier l'association de ces sources ponctuelles aux polluants atmosphériques seraient utiles pour l'élaboration de politiques sur ces enjeux. Le potentiel oxydant peut servir d'indicateur de l'activité biologique potentielle des particules et fournir une mesure indépendante de la concentration massique. L'analyse des variations temporelles et spatiales du potentiel oxydant des  $PM_{2,5}$  dans la ville ainsi que de la relation entre le potentiel oxydant et les sources ponctuelles permettra d'améliorer la compréhension des risques pour la santé associés aux particules. Les caractéristiques relatives à la source et à la taille de PUF de différentes dimensions pourraient avoir des effets distincts sur la santé. La présente étude applique des techniques novatrices pour caractériser les PUF selon la source et vérifie les associations avec le Port de Québec et l'Aéroport international Jean-Lesage. De même, le fait de relier le potentiel oxydant des  $PM_{2,5}$  à des effets sur la santé pourrait révéler des risques pour la santé associés aux  $PM_{2,5}$  indépendants de la concentration massique. L'étude vise à produire des modèles d'exposition à plusieurs polluants dans la région qui permettront de réduire de façon importante les erreurs de classification dans le couplage des données sur la pollution atmosphérique pour les cohortes épidémiologiques dans la ville de Québec et de mieux comprendre les effets sur la santé de ces polluants. L'analyse est en cours, et un manuscrit devrait être présenté aux fins de publication en 2022. (CP : Keith Van Ryswyk)

### **Expositions à court et à moyen terme à la pollution atmosphérique provenant de la combustion de biomasse et changements dans la réponse microvasculaire rétinienne chez les enfants**

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques pour la santé posés par les polluants inhalés. Les études épidémiologiques portant sur les effets de la pollution atmosphérique causée par des particules fines ( $PM_{2,5}$ ) sur la santé cardiovasculaire visent principalement les zones urbaines, et peu d'entre elles se sont penchées sur les particules atmosphériques provenant d'autres sources que la circulation. Des études récentes ont démontré que la combustion de biomasse, en tant que source de  $PM_{2,5}$ , pouvait modifier l'incidence aiguë de ces polluants sur la santé cardiovasculaire chez les sujets âgés; toutefois, les composants et les mécanismes biologiques à l'origine de ce lien ne sont pas très clairs. En outre, on ne sait pas comment ces expositions peuvent influencer sur la santé cardiovasculaire des enfants. La présente étude examinera l'incidence de l'exposition à court terme (p. ex. 24 heures) et à moyen terme (p. ex. 1 mois) à des  $PM_{2,5}$  provenant de la combustion de biomasse sur la réponse microvasculaire chez les enfants d'âge scolaire au cours d'une saison de chauffage à Courtenay et à Cumberland, en Colombie-Britannique. Peu d'études ont évalué les effets de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé cardiovasculaire des enfants. Cependant, comme le dysfonctionnement microvasculaire est un facteur contributif connu du développement de maladies cardiovasculaires, il est important de comprendre comment l'exposition en début de 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 d'hypertension chez les enfants et les adultes et pourrait servir de marqueur pour des changements similaires dans la microvasculature coronarienne. Au cours de 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, et les résultats de l'étude ont été publiés en 2021. (CP : Scott Weichenthal)

### **Modélisation spatiale en appui aux études sur la santé**

Plusieurs études importantes sur les effets de la pollution sur la santé menées à l'échelle nationale et locale au Canada reposent sur les estimations d'une exposition à la pollution atmosphérique obtenues par les scientifiques de Santé Canada aux fins des analyses épidémiologiques. Santé Canada collabore avec les partenaires du milieu universitaire afin de réaliser des opérations intensives de surveillance de la pollution atmosphérique ambiante, ainsi que pour 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 Halifax. Les modèles de RUT sont utilisés afin d'appuyer les études sur la santé à l'échelle locale et nationale pour évaluer les impacts de la pollution atmosphérique sur les maladies respiratoires, cardiovasculaires (p. ex. les accidents vasculaires cérébraux), développementales (p. ex. les issues de la grossesse, le diabète gestationnel), les maladies 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. Un article établissant un lien entre la pollution atmosphérique et la charge de la plaque carotidienne à partir d'un modèle de régression de l'utilisation des terres à London (Ontario) a été publié en 2020. La modélisation par régression de l'utilisation des terres à Halifax pour les métaux a été publiée en 2021. Les analyses futures établiront un lien entre les métaux RUT et les effets néfastes sur la santé à Calgary et à Halifax. (CP : Markey Johnson)

### **Étude de la qualité de l'air dans le métro**

Les particules en suspension dans l'air constituent un enjeu préoccupant 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 (UTES) a permis de caractériser l'exposition aux PM dans trois réseaux de métro. L'étude a montré que la majorité de l'exposition quotidienne d'un usager



aux particules de fer, de manganèse et de chrome se produit dans le métro, et que plus de 20 % de l'exposition quotidienne d'un usager aux  $PM_{2,5}$  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 comparées à celles de l'air ambiant de deux autres endroits à Toronto. Les données de cette 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. Les résultats de l'étude ont été publiés en 2021, et une deuxième publication était prévue pour 2022. (CP : Keith Van Ryswyk)

### **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)

L'OEBQA est une application informatique mise au point par Santé Canada pour estimer les répercussions sur la santé humaine associées aux 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 fichiers de données historiques et de projections démographiques, des données sur la concentration de polluants, des taux de référence annuels sur l'occurrence des problèmes de santé, des fonctions concentration-réponse et des évaluations des problèmes de santé approuvées par Santé Canada. Il utilise le logiciel intégré @Risk pour effectuer des simulations de Monte Carlo, qui permettent à l'utilisateur 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. La version 3 de l'OEBQA a été diffusée en 2019. Une version R pouvant être exécutée localement par l'utilisateur ou une application en ligne est en cours de développement. (CP : Dave Stieb)

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

Santé Canada est chargé d'évaluer et de gérer les risques, pour la santé des Canadiens, associés à l'exposition aux polluants atmosphériques dans l'environnement. Dans la présente étude, Santé Canada et des collaborateurs au Chili ont évalué les risques associés aux polluants atmosphériques et à la mortalité liée à la COVID-19. L'exposition à la pollution atmosphérique est un facteur de risque de morbidité et de mortalité par maladies pulmonaires et cardiaques. Toutefois, on ne sait pas si l'exposition à court terme à une certaine concentration de pollution atmosphérique a une incidence sur la mortalité liée à la COVID-19. L'association entre la pollution de l'air ambiant et la mortalité quotidienne



des suites de la COVID-19 a été étudiée au moyen de données sur la pollution de l'air ambiant (ozone, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et matières particulaires) et de données sur le climat recueillies par sept postes de surveillance de la pollution atmosphérique répartis dans neuf centres urbains de Santiago, au Chili. L'équipe de recherche s'est également servie du nombre quotidien de décès dont la cause soupçonnée ou confirmée (en laboratoire) était la COVID-19 entre le 16 mars et le 31 août 2020. Selon nos constatations, l'augmentation aiguë de la pollution atmosphérique peut constituer un facteur de risque associé à la mortalité quotidienne attribuable à la COVID-19. Il n'y avait aucune différence significative en ce qui concerne le risque de mortalité selon le sexe, mais le risque relatif augmentait généralement avec l'âge. Cette étude fournit des données probantes qui indiquent que l'augmentation quotidienne de la pollution atmosphérique peut accroître le risque de mourir de la COVID-19, surtout pour les personnes âgées. (CP : Sabit Cakmak, Bob Dales)

### **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 est liée aux maladies du cœur, à l'hypertension, au diabète et à la dépression. Les troubles respiratoires du sommeil (apnée obstructive du sommeil), 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 au stress oxydatif et à des biomarqueurs inflammatoires. Le traitement par pression positive continue (PPC), qui aide à garder la trachée ouverte pendant le sommeil, est le traitement de choix contre l'apnée obstructive du sommeil (AOS). Cependant, la fidélité au traitement par PPC est faible et plusieurs facteurs peuvent affecter l'utilisation de la PPC, y compris des considérations environnementales. L'AOS et la pollution atmosphérique, qui ont été associées à la hausse de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaires, peuvent provoquer des signes d'inflammation du système nerveux, comme l'inconfort sensoriel et 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, particulièrement les particules fines suffisamment petites pour se déposer sur la partie supérieure des voies respiratoires, 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. Cela aidera les évaluateurs du gouvernement fédéral à évaluer le fardeau de la maladie causé par la pollution de l'air dans la population canadienne, à déterminer les répercussions économiques totales de la pollution de l'air et, au bout du compte, à établir des normes relatives à la qualité de l'air. (CP : Bob Dales, Tetyana Kendzerska [Institut de recherche de l'Hôpital d'Ottawa])

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

Santé Canada est chargé d'évaluer les risques de pollution atmosphérique pour la santé publique, d'identifier des populations vulnérables particulières et de réduire les effets négatifs des expositions environnementales sur la santé des Canadiens. Ce projet examine l'effet neurologique de la pollution de l'air extérieur sur les enfants (une sous-population vulnérable) par l'exposition maternelle pendant la pré-grossesse et la grossesse, en mettant l'accent sur le trouble du spectre de l'autisme (TSA) chez les jeunes enfants. L'évaluation de l'impact de l'exposition maternelle est essentielle, car c'est la période de neurodéveloppement critique. Le TSA est un trouble complexe du développement, caractérisé par des difficultés de communication et d'interaction sociales. L'identification des liens potentiels entre l'exposition pendant la grossesse et les TSA peut suggérer des moyens de réduire l'apparition des TSA et, par conséquent, les coûts pour la société, la famille et les soins de santé. Au Canada, l'Agence de la santé publique du Canada a publié un rapport sur le Système national de surveillance des troubles du spectre autistique, axé sur la prévalence et l'incidence chez les enfants (âgés de 5 à 17 ans) de six provinces et d'un territoire. Avec des études limitées sur l'association entre la pollution atmosphérique et les TSA chez les enfants au Canada, ce projet a mené une étude de recherche épidémiologique pour estimer les associations entre l'exposition à la pollution atmosphérique (effets négatifs) et/ou aux espaces verts et le caractère piétonnable (effets positifs), et le TSA chez les enfants nés entre le 1er avril 2012 et le 31 mars 2020. Ce projet a révélé que le TSA est associé au NO<sub>2</sub> et aux PM<sub>2,5</sub>, mais pas à l'ozone. Les résultats de l'étude aideront à comprendre la causalité potentielle ou la prévention de l'apparition des TSA chez les enfants et ainsi réduire les soins de santé et les coûts liés à la société et à la famille. Toutefois, cette étude se limite à l'Ontario et, par conséquent, une étude nationale est justifiée pour confirmer les résultats de l'étude ontarienne. Ce projet sera étendu à d'autres provinces, à l'exposition postnatale, et à d'autres résultats neurologiques (trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité, TDAH) afin d'examiner plus en détail les effets neurologiques de la pollution de l'air extérieur sur les enfants. (CP : Hwashin Shin)

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

La pandémie de COVID-19 est l'un des plus grands défis de notre époque en matière de santé. Au moment du lancement de l'étude, la pandémie de COVID-19 avait déjà coûté la vie à plus de 3,8 millions de personnes, entraîné la fermeture des activités dans de nombreux pays et déclenché une crise socio-économique mondiale. Il est plus que jamais important de comprendre quels groupes sont les plus vulnérables à la COVID-19 et quels facteurs peuvent causer une forme grave de la maladie après l'infection. Ces renseignements sont indispensables pour appuyer les interventions essentielles auprès de la population de façon à sortir de la crise de la COVID-19. Santé Canada réalise une étude pour déterminer si les patients atteints de COVID-19 qui ont été exposés à de l'air de mauvaise qualité sont plus susceptibles d'être hospitalisés, d'être admis dans une unité de soins intensifs, de nécessiter l'utilisation d'un respirateur ou de mourir. Des observations émergentes établissent un lien



entre la qualité de l'air et la mortalité causée par la COVID-19, mais d'autres recherches sont requises pour mieux comprendre le rôle potentiel de la pollution atmosphérique dans la gravité de l'infection à la COVID-19. Le deuxième objectif du projet COVID-AIR est d'étudier plus en profondeur si les réductions de la pollution atmosphérique attribuables au confinement se traduisent par des bienfaits pour la santé. Le confinement constitue une mesure réglementaire sans précédent qui a entraîné des réductions radicales et simultanées du trafic dans de vastes régions. Les résultats de cette étude apporteront des contributions uniques qui permettront de mieux comprendre le lien entre la COVID-19 et la pollution atmosphérique, ainsi que le rôle potentiel de l'atténuation de la pollution atmosphérique dans l'enraiment de la crise de la COVID-19. L'étude appuie le mandat de Santé Canada à l'ère de la pandémie de COVID-19 et du rétablissement après la pandémie. (CP : Hong Chen)

### **Rôle du stress et de la réactivité au stress dans la médiation des effets des polluants atmosphériques 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* ont été 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 a examiné les biomarqueurs du stress pour pouvoir transposer les résultats obtenus en laboratoire aux humains. Les connaissances acquises ont servi à étudier le rôle des hormones du stress dans les associations entre la pollution atmosphérique et le développement du cerveau dans une cohorte de naissance, en collaboration avec des chercheurs d'ISGlobal (à Barcelone, en Espagne). En reliant les résultats des modèles expérimentaux aux humains, le projet permettra d'appuyer la relation de cause à effet des associations épidémiologiques et d'éclairer l'élaboration de stratégies efficaces d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Errol Thomson)

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

Le programme des mesures contre la pollution de l'air de Santé Canada et des programmes de réglementation internationaux sur la pollution atmosphérique ont donné la priorité à la détermination des effets de l'exposition à la pollution atmosphérique au cours des périodes décisives du développement fœtal. Cependant, les approches traditionnelles ont eu un succès limité dans la résolution de ce problème. Dans le cadre de cette 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 en faisant appel à la télédétection par satellite et aux données 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. Les résultats de l'étude ont été publiés en 2022. Les analyses actuelles (2021–2022) sont menées pour examiner les résultats néonataux indésirables associés à la pollution atmosphérique dans l'étude MIREC. Les analyses futures examineront la pollution atmosphérique et les naissances prématurées. (CP : Markey Johnson)

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

Le Canada possède un vaste réseau ferroviaire, avec près de 50 000 kilomètres de voies ferrées et des centaines de gares de triage. Les gares de triage sont des nœuds dans le réseau ferroviaire où l'on observe une plus grande activité polluante en raison des locomotives qui fonctionnent 24 heures sur 24 toute l'année, ainsi que des camions de transport et de l'équipement de manutention de marchandises. Les corridors ferroviaires et les gares de triage sont souvent situés à proximité des quartiers résidentiels, y compris dans les grandes villes urbaines où vit et travaille la majorité de la population canadienne, ce qui soulève des préoccupations pour la santé compte tenu des rejets de polluants atmosphériques importants issus du secteur ferroviaire. La pollution atmosphérique générée par les activités ferroviaires est complexe; elle combine les émissions résultant de la combustion de combustibles fossiles (diesel) et les émissions dues à la friction et à l'usure (rails et roues en acier, freins) ainsi qu'à la remise en suspension des poussières. Ces rejets gazeux et de particules sont constitués de différents polluants qui ont des effets aigus et chroniques connus sur la santé, notamment le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et les particules respirables de multiples fractions granulométriques (particules ultrafines [PUF],  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{2,5-10}$ ) 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. Le travail sur le terrain est terminé, et les résultats préliminaires de l'étude ont été communiqués aux intervenants. L'analyse est en cours, et un manuscrit est attendu en 2023. (CP : Angelos T. Anastasopoulos)

# LE CANNABIS

---

## **Effets aigus et résiduels du cannabis fumé sur l'humeur et la performance cognitive des jeunes adultes – NOUVEAU!**

L'objectif de la *Loi sur le cannabis* est de protéger la santé et la sécurité publiques. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de mieux comprendre les risques associés aux produits du cannabis. Cette étude avait pour but d'examiner les effets aigus et résiduels sur l'humeur et la performance cognitive des personnes qui consomment du cannabis à la suite d'un cannabis fumé. Les participants ont été affectés au hasard à des groupes qui ont reçu du cannabis actif ou placebo, et leur humeur et leur performance cognitive ont été évaluées avant et 1 heure, 24 heures et 48 heures après qu'ils ont fumé du cannabis à volonté. Chez les jeunes consommateurs réguliers de cannabis, la consommation de cannabis à volonté (en d'autres termes, à leur niveau élevé souhaité) avait des effets importants sur l'humeur, certains persistant 24 heures plus tard, mais des effets minimes sur la cognition, et aucun signe de déficience cognitive résiduelle. Les résultats de cette étude serviront à orienter les communications sur les risques et la création de ressources éducatives pour les consommateurs et les professionnels de la santé. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* (2020) (CP : Bruna Brands)

## **Effets aigus et résiduels du cannabis fumé : incidence sur la vitesse de conduite et le contrôle latéral et le rythme cardiaque, et effets des drogues autodéclarés – NOUVEAU!**

À mesure que de plus en plus de pays se dirigent vers la légalisation du cannabis, les organismes de réglementation seront probablement de plus en plus préoccupés par l'incidence de ces changements sur la sécurité routière et la façon dont les effets nocifs peuvent être atténués ou évités. Bien que la conduite sous l'influence du cannabis soit de plus en plus courante chez les jeunes adultes, on sait peu de choses sur les effets résiduels du cannabis sur le comportement des conducteurs. Cette étude a examiné les effets aigus et résiduels du cannabis fumé sur la performance de personnes qui consomment du cannabis placés dans une situation de conduite simulée. On a observé que le cannabis causait une diminution de la vitesse, une augmentation du rythme cardiaque et une augmentation de l'effet subjectif de la drogue et de l'état « high ». Rien n'indiquait la présence d'effets résiduels dans les deux jours suivant l'administration du cannabis. Les résultats de cette étude serviront à orienter les communications sur les risques et la création de ressources éducatives pour les consommateurs et les professionnels de la santé. *Drug and Alcohol Dependence* (2019) (CP : Bruna Brands)



## Rapport annuel des effets indésirables associés aux produits du cannabis signalés à Santé Canada du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2020 – NOUVEAU!

Le cadre de vigilance de Santé Canada (SC) pour les produits du cannabis permet la détection, la collecte, la surveillance et l'évaluation des effets indésirables (EI) afin d'appuyer diverses activités réglementaires. Les effets indésirables sont soumis à SC par les consommateurs et les professionnels de la santé sur une base volontaire et par les détenteurs de licence sur une base obligatoire pour les EI graves. Les déclarations sont reçues et codées dans la base de données de Canada Vigilance, et la surveillance, la détection, la priorisation, l'évaluation et la gestion des risques des EI du cannabis sont effectuées. Dans l'enquête 2020 sur le cannabis au Canada, 27 % des répondants ont déclaré avoir consommé du cannabis au cours des 12 derniers mois, l'approvisionnement sûr et la qualité étant les facteurs les plus importants lors de l'approvisionnement en cannabis. Ce projet est un résumé des cas d'EI associés à des produits de cannabis légaux signalés à SC au cours de la deuxième année de légalisation, ce qui reflète la première période complète au cours de laquelle de nouvelles catégories de produits de cannabis sont devenues légalement disponibles à la vente. Une analyse descriptive des cas impliquant des produits de cannabis légaux reçus du 1<sup>er</sup> janvier 2020 au 31 décembre 2020 a été réalisée. Un total de 159 cas impliquant des produits de cannabis légaux ont été signalés à SC en 2020. Plus de la moitié de ces cas concernaient des femmes (57 %) et impliquaient fréquemment une consommation de cannabis à des fins médicales auto-déclarées (77 %) et des extraits de cannabis consommés par voie orale (79 %). Les événements médicaux les plus fréquemment signalés étaient des hallucinations ( $n = 54$ ), des étourdissements ( $n = 13$ ) et des nausées ( $n = 12$ ). Parmi les cas évalués, la plupart se sont vus attribuer une causalité « possible » ( $n = 95$ ), ce qui signifie que le produit peut avoir contribué à l'EI, mais que la contribution d'autres facteurs ne peut être exclue. Ces données serviront à la communication des risques et à l'élaboration de ressources éducatives pour les consommateurs et les professionnels de la santé. SC continuera de surveiller les EI du cannabis afin de contribuer à la diffusion de renseignements fondés sur des données probantes concernant les risques pour la santé et la sécurité associés au cannabis, et des rapports sommaires destinés au public devraient être publiés chaque année. (CP : Stephanie Jack, Siera Plebon-Huff)

## Enquête canadienne sur le cannabis (ECC) – NOUVEAU!

Santé Canada collecte des données pour mieux comprendre la perception et la consommation du cannabis par la population canadienne. Ces données seront utilisées pour évaluer l'impact de la *Loi sur le cannabis*, entrée en vigueur le 17 octobre 2018, et pour appuyer l'élaboration de politiques et de programmes, y compris des activités d'éducation et de sensibilisation du public. L'Enquête canadienne sur le cannabis (ECC) a été menée pour la première fois en 2017. Elle a examiné plus en détail les habitudes de consommation, comme les quantités de cannabis consommées et la consommation du cannabis à des fins médicales; le marché du cannabis, comme les sources de cannabis et les prix; et les questions de sécurité publique, comme la conduite avec facultés affaiblies. Des données supplémentaires ont été ajoutées ou modifiées au fil des ans pour surveiller les nouveaux enjeux pertinents pour le cannabis, tels que les impacts sur le cannabis de la maladie à coronavirus 2019 (COVID 19). La collecte de données pour l'ECC 2022 s'est déroulée entre avril et juin 2022, et

les résultats ont été publiés en décembre 2022. Le cycle 2022 de l'enquête comprend également un nouveau contenu. Des questions ont été posées à tous les répondants concernant l'exposition à la publicité ou à la promotion du cannabis et la consommation accidentelle de cannabis par des personnes ou des animaux domestiques à la maison et les conséquences d'une telle consommation. On a posé de nouvelles questions aux personnes qui consomment du cannabis, par exemple, si leur consommation a changé au cours des 12 derniers mois en raison de la pandémie de COVID-19 qui sévit et si elles estiment avoir un accès raisonnable au cannabis par l'intermédiaire d'un fournisseur légal. De plus, on continue de leur poser des questions sur la fréquence de consommation, la quantité consommée, les voies d'administration, les formes de cannabis utilisées, les niveaux relatifs de tétrahydrocannabinol (THC) et de cannabidiol (CBD) et la conduite automobile après une consommation de cannabis. On demande également aux personnes qui consomment du cannabis quels sont les effets nocifs et les avantages de leur consommation de cannabis et si elles consomment du cannabis à des fins médicales. L'examen du contenu est actuellement en cours pour le cycle 2023 de l'enquête et la collecte des données devrait commencer en avril 2023. (CP : Matthew Dann)

### **Cannabis, conduite avec facultés affaiblies et sécurité routière : Un aperçu des questions et enjeux clés – NOUVEAU!**

À mesure que de plus en plus de pays se dirigent vers la légalisation du cannabis, les organismes de réglementation seront probablement de plus en plus préoccupés par l'incidence de ces changements sur la sécurité routière et la façon dont les effets nocifs peuvent être atténués ou évités. Bien que, dans le passé, la question de savoir si la consommation de cannabis et la conduite sous l'influence du cannabis (CSIC) présentaient des risques pour la sécurité routière ait fait l'objet d'une controverse, des recherches plus récentes fournissent des données convergentes qui indiquent que la CSIC peut accroître le risque de collision et peut contribuer de façon importante aux décès et aux blessures résultant de collisions. Les jeunes adultes semblent les plus susceptibles de conduire sous l'influence du cannabis. Les effets aigus du cannabis sur les comportements au volant peuvent comprendre une augmentation de la conduite en zigzag et une diminution de la vitesse. On a également signalé des effets sur le temps de réaction. Cette constatation se vérifie, quelle que soit la voie d'administration, bien que d'autres recherches soient nécessaires. À l'heure actuelle, toutes les études sur les effets du cannabis administré par voie orale sur la conduite examinaient le THC synthétique (dronabinol) et aucune étude n'a été publiée sur les produits comestibles à base de cannabis. Il existe également des données probantes permettant de déterminer les concentrations sanguines de cannabis où l'on observe un affaiblissement des facultés que l'on peut donc proposer en tant que telles pour mettre en place des initiatives législatives visant à décourager la CSIC. À l'heure actuelle, on sait peu de choses sur les types de collisions les plus susceptibles d'impliquer le cannabis ou si le cannabis affecte la gravité des blessures. D'autres recherches sont nécessaires pour comprendre les différences qui existent entre les sexes dans les effets du cannabis. Parmi les autres questions, mentionnons la pharmacologie comparative des différents modes d'administration du THC, les différentes doses de THC et la mesure dans laquelle les consommations régulières ou fréquentes peuvent se développer et afficher une tolérance aux effets affaiblissant du cannabis sur le comportement au volant. En outre, il



convient d'approfondir l'étude des effets potentiels du cannabis sur l'affaiblissement des facultés des personnes qui consomment du cannabis à des fins médicales. Des questions importantes demeurent quant à la durée des effets du cannabis sur la conduite automobile et l'évolution temporelle de la consommation sécuritaire du cannabis. *Frontiers in Psychiatry* (2021) (CP : Bruna Brands)

### **Caractérisation de nanoémulsions de cannabis et enquête d'analyse de l'utilisation du poisson zèbre – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Pour soutenir cet objectif, il est essentiel de mieux comprendre les risques associés aux produits du cannabis. Les nouvelles technologies telles que les nanoémulsions, notamment dans le contexte des produits de cannabis ingérés par voie orale, peuvent diminuer le temps nécessaire pour ressentir les effets ou augmenter l'absorption dans le corps et sont disponibles sur le marché légal du cannabis. En outre, le terme « nano » est utilisé pour commercialiser des produits, ainsi que l'information selon laquelle ils peuvent produire des effets plus rapidement. Cependant, aucune donnée ne permet de vérifier ces affirmations. Cette recherche vise à vérifier si ces formulations correspondent réellement à des produits nanoformulés et la façon dont leurs taux d'absorption peuvent différer des cannabinoïdes non nanoformulés. Dix produits de cannabis commercialisés comme des nanoémulsions ont été achetés sur le marché de détail légal et caractérisés en utilisant la diffusion dynamique de la lumière. Parmi ceux-ci, trois ne semblaient pas être des nanoémulsions. Sur les sept autres produits qui semblaient être des nanoémulsions, quatre contenaient les nanoparticules de petite taille et uniformément dispersées que l'on attend d'une nanoformulation, tandis que les trois autres n'étaient pas uniformément dispersées. Après cette caractérisation, l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'excrétion (ADME) de ces produits ont été étudiés plus en détail à l'aide d'un modèle de poisson zèbre. En général, des différences ont été observées dans les niveaux d'absorption des cannabinoïdes entre les différents produits qui peuvent être liés à leur formulation en nanoémulsion. Des différences ont également été observées dans les niveaux de métabolites cannabinoïdes mesurés entre les différents produits, mais il n'est pas clair si les caractéristiques de la nanoémulsion ou d'autres facteurs en sont responsables. Ces travaux préliminaires démontrent que l'essai ADME sur poisson zèbre est approprié pour tester les nanoémulsions de cannabis et soutiendront les travaux futurs dans ce domaine. (CP : Lee Ellis [Conseil national de recherches], Hanan Abramovici)

### **Dissuader la conduite sous l'influence du cannabis : Connaissances et croyances de conducteurs participant à un programme correctif – NOUVEAU!**

Alors que les gouvernements provinciaux et territoriaux du Canada s'adaptent à la légalisation fédérale du cannabis à des fins non médicales, les stratégies visant à dissuader la conduite sous l'influence du cannabis (CSIC) attirent de plus en plus l'attention. Une meilleure compréhension des connaissances et des croyances qui poussent un individu à conduire sous l'influence du cannabis ou à éviter de le faire contribuerait à mettre au point et à évaluer des mesures législatives et autres visant à décourager la CSIC. En 2017, nous avons mené 20 entrevues auprès de clients participant à un programme correctif destiné aux conducteurs avec facultés affaiblies dont le cas a été officiellement traité (c.-à-d.

ils ont été reconnus coupables ou leur permis a été suspendu). Les participants admissibles à l'étude ont déclaré avoir conduit, au cours de la dernière année, un véhicule à moteur dans l'heure qui a suivi leur consommation de cannabis. Nous avons observé qu'ils étaient peu conscients du contenu des lois sur la conduite avec facultés affaiblies par la drogue; ils considéraient qu'il était peu probable qu'ils se fassent arrêter par la police pour CSIC; certains croyaient que l'application de la loi augmenterait après la légalisation; et ils affichaient des opinions diverses sur quatre stratégies dissuasives clés (c.-à-d. programmes de contrôle aléatoire en bord de route, limites légales pour le tétrahydrocannabinol, tolérance zéro pour les nouveaux conducteurs et programmes correctifs). De nombreux participants s'inquiétaient de l'exactitude des procédures de contrôle routier et de l'impartialité envers les conducteurs. Ces constatations apportent de nouvelles données permettant d'étayer des éléments législatifs et des programmes qui pourraient effectivement dissuader la CSIC. *Revue canadienne de criminologie et de justice pénale* (2019) (CP : Bruna Brands)

### **Effets du cannabis consommé à des fins médicales sur la conduite simulée : Une étude pilote – NOUVEAU!**

À mesure que de plus en plus de pays se dirigent vers la légalisation du cannabis, pour des raisons médicales, les organismes de réglementation seront probablement de plus en plus préoccupés par l'incidence de ces changements sur la sécurité routière et la façon dont les effets nocifs peuvent être atténués ou évités. Bien que le cannabis à des fins médicales soit offert aux Canadiens depuis 2001, il existe peu de recherches sur ses effets sur la conduite automobile chez les personnes qui en consomment. Cette étude pilote visait à déterminer les effets du cannabis utilisé à des fins médicales sur la conduite simulée. Après avoir fumé du cannabis, la vitesse moyenne globale d'une personne diminuait. On a observé que le cannabis à des fins médicales n'avait aucun effet sur la vitesse moyenne en ligne droite ou le contrôle latéral en ligne droite pour les deux conditions (charge normale ou cognitive) ou sur la latence de freinage. Après avoir fumé du cannabis en laboratoire, les changements de vitesse et de contrôle latéral étaient négativement corrélés à la quantité de cannabis fumé par jour. Avant de fumer du cannabis en laboratoire, dans des conditions de référence, la vitesse et le contrôle latéral sous charge cognitive étaient également corrélés à la quantité de cannabis consommée par jour. Le cannabis utilisé à des fins médicales augmentait les rapports subjectifs et les taux sanguins de THC et de métabolites. Ainsi, même en cas de consommation quotidienne répétée, la consommation de cannabis chez les personnes qui consomment du cannabis à des fins médicales peut modifier le comportement au volant d'un consommateur. Cette observation a des répercussions sur la sécurité routière et la consommation de cannabis chez ceux qui consomment du cannabis à des fins médicales. Ces constatations apportent de nouvelles données permettant d'étayer des éléments législatifs et des programmes qui pourraient effectivement dissuader la CSIC. *Journal of Concurrent Disorders* (2020) (CP : Bruna Brands)



## **Analyse élargie des contaminants métalliques dans les produits de vapotage à base d'extrait de cannabis – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Il est important de mesurer les contaminants du cannabis tels que les métaux lourds, car la toxicité des métaux lourds peut être significative par inhalation (par exemple, en fumant ou en vapotant). Le cannabis légal est systématiquement testé pour les métaux lourds comme le cadmium, l'arsenic, le plomb et le mercure, lesquels sont les plus préoccupants du point de vue des risques pour la santé. Le cannabis cultivé par les détenteurs de licence est généralement testé dans les limites de qualité établies pour l'inhalation de ces métaux. Toutefois, des travaux antérieurs réalisés dans le cadre d'un projet de recherche en collaboration entre Santé Canada et le Conseil national de recherches du Canada au cours de l'exercice 2020–2021 ont permis de comparer la qualité des produits à fumer du cannabis légaux et illégaux et ont montré que, dans les deux cas, d'autres métaux couramment utilisés dans les alliages métalliques des appareils à fumer étaient présents. Ces métaux ne sont pas largement testés dans le cannabis légal, et comprenaient le cobalt, le cuivre, le chrome, le nickel et le vanadium. Les résultats suggèrent que les particules de métal provenant des appareils à fumer contaminent les échantillons, mais il n'a pas été possible de confirmer si c'était la seule source de contamination par les métaux. Une grande variabilité a également été observée entre les mesures de métaux d'un même échantillon, il était donc difficile d'affirmer avec certitude dans quelle mesure les échantillons étaient contaminés par des métaux. Sur la base de ces travaux préliminaires, le présent projet a permis d'améliorer les techniques d'échantillonnage et de réduire la variabilité des mesures observée précédemment. Il a également examiné la contamination par les métaux dans une grande variété d'échantillons de cannabis séché afin d'établir si le cannabis séché utilisé pour fabriquer des extraits à fumer contribue à la contamination par les métaux. Cette recherche contribuera à soutenir le travail politique et réglementaire, l'éducation et la sensibilisation du public ainsi que les activités de conformité et d'application de la loi. Elle peut également contribuer à l'élaboration de normes ou d'orientations supplémentaires sur l'analyse du cannabis séché, des produits du cannabis à fumer et des accessoires tels que les appareils à fumer. Les résultats devraient être publiés en 2023. (CP : Zuzana Gajdosechova [Conseil national de recherches], Hanan Abramovici)

## **Explorer les perceptions des personnes qui conduisent après avoir consommé du cannabis : Risque de collision, optimisme comparatif et influence normative – NOUVEAU!**

À mesure que de plus en plus de pays se dirigent vers la légalisation du cannabis, les organismes de réglementation seront probablement de plus en plus préoccupés par l'incidence de ces changements sur la sécurité routière et la façon dont les effets nocifs peuvent être atténués ou évités. Bien que les risques présumés de la conduite sous l'influence du cannabis (CSIC) aient été au cœur de recherches récentes sur la conduite et la drogue, les concepts pertinents tirés de la littérature sur la cognition sociale ont rarement été appliqués pour mieux comprendre la CSIC. Cette étude vise à approfondir les connaissances sur le risque présumé de collision et les influences sociales associées à la CSIC et à la conduite après la consommation d'autres substances. Des entrevues ont été menées auprès

de 20 participants à un programme correctif destiné aux conducteurs aux facultés affaiblies. De nombreux participants ont indiqué que la CSIC était moins risquée que la conduite sous l'influence de l'alcool ou d'autres drogues. Des perceptions mitigées ont été exprimées concernant le danger de la CSIC, certains participants niant un risque de collision accru, sauf chez les nouveaux consommateurs de cannabis. Un biais d'optimisme comparatif a également été exprimé par les participants qui se considéraient comme étant moins susceptibles que les autres d'être impliqués dans une collision alors qu'ils conduisaient sous l'influence du cannabis. Du point de vue de l'influence normative, les amis acceptaient généralement plus facilement la CSIC que la famille, et il semblait que les opinions de personnes qui consomment du cannabis étaient considérées comme plus crédibles que celles de personnes qui n'en consomment pas. Le biais d'optimisme comparatif et l'influence normative peuvent contribuer aux risques présumés associés à la CSIC et peuvent donc être des concepts utiles pour accroître l'efficacité des initiatives de santé publique et de sécurité routière. *Drug and Alcohol Review* (2019) (CP : Bruna Brands)

**Surveillance de la contamination fongique dans les produits légaux du cannabis : optimisation de la méthode de détection et de quantification des mycotoxines dans les inflorescences et l'huile comestible de cannabis à l'aide de la chromatographie liquide à ultra-haute performance (UHPLC) couplée à la spectrométrie de masse en tandem (MS-MS) par le laboratoire de cannabis de la DGORAL de Santé Canada – NOUVEAU!**

La mission de Santé Canada, qui consiste à maintenir et à améliorer la santé des Canadiens, exige la réalisation de tests rigoureux sur les produits légaux du cannabis. Le Laboratoire du cannabis de Santé Canada a déjà établi une méthode pour détecter les mycotoxines, un type de contaminant fongique, dans les inflorescences de cannabis. Depuis 2018, année de la légalisation du cannabis à des fins non médicales, d'autres produits du cannabis ont été mis à la disposition des Canadiens. De plus, d'autres mycotoxines ont été ciblées comme contaminant potentiel de plus en plus préoccupant. Afin d'assurer la sécurité des produits pour les consommateurs canadiens, la méthode de détection des mycotoxines existante a été revue afin d'augmenter le nombre de types de produits de cannabis pouvant être soumis à des tests ainsi que le nombre de mycotoxines détectables, tout en diminuant les coûts associés à l'utilisation de réactifs et aux manipulations d'origine humaine. Le Laboratoire du cannabis de Santé Canada travaille depuis deux ans à l'optimisation de la méthode de détection et de quantification des mycotoxines dans les inflorescences et les huiles ingérables. Des paramètres tels que la composition du solvant d'extraction, le rapport solvant/biomasse, le volume d'injection et les paramètres de spectrométrie de masse ont été affinés de façon à détecter l'ochratoxine A et les aflatoxines (G1, G2, B1 et B2) produites par *Aspergillus*, ainsi que le désoxynivalénol (DON) produit par *Fusarium*. Des données sur l'exactitude, la précision et la répétabilité de la méthode ont été produites. Les perspectives d'analyse des mycotoxines dans la production mondiale de cannabis ont également été prises en compte. (CP : André Robichaud)



## **Influence des variantes génétiques du récepteur cannabinoïde de type 1 (CNR1) sur les effets subjectifs du cannabis fumé – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Pour soutenir cet objectif, il est essentiel de mieux comprendre les risques associés aux produits du cannabis. De plus en plus de données probantes suggèrent que la génétique joue un rôle important dans la détermination des effets des substances psychoactives et que les variantes génétiques peuvent contribuer aux différences qui existent entre les individus quant à leur risque de développer des problèmes liés au cannabis. Le récepteur cannabinoïde de type 1 est le récepteur primaire qui modère la plupart des effets psychoactifs du cannabis, et il est codé par le gène CNR1. Nous avons testé l'hypothèse selon laquelle des régions polymorphes précises du gène CNR1 (c.-à-d. des régions où le gène varie d'une personne à l'autre) influenceraient les effets subjectifs du cannabis fumé en utilisant des données provenant de 52 participants à une étude en laboratoire réalisée chez l'humain. Les deux polymorphismes CNR1 que nous avons testés (rs1049353 et rs2023239) ont montré un lien significatif avec les effets subjectifs autodéclarés du cannabis après avoir fumé une cigarette de cannabis. Nos constatations montrent que la variante génétique du gène CNR1 contribue aux différences observées en laboratoire dans l'intoxication aiguë autodéclarée au cannabis. Les résultats de cette étude serviront à la communication sur les risques et à l'élaboration de ressources éducatives pour les professionnels. *International Journal of Molecular Sciences* (2021) (CP : Bruna Brands)

## **Influence de la personnalité sur les effets aigus du cannabis fumé en situation de conduite simulée – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Pour soutenir cet objectif, il est essentiel de mieux comprendre les risques associés aux produits du cannabis. Une étude récente de l'impact du cannabis fumé sur le comportement simulé d'un conducteur ayant fumé du cannabis a démontré une réduction de la vitesse moyenne. Des recherches antérieures ont établi un lien entre la personnalité et les différences individuelles et les effets aigus des drogues. La présente étude a examiné l'impact de la personnalité sur la réduction de la vitesse moyenne après qu'un conducteur ait fumé du cannabis, dans une situation de conduite et d'exécution d'une tâche et de deux tâches; rapport initial par Brands *et al.* (2019). Soixante et un participants assignés au hasard à recevoir du THC ou un placebo (pas de THC) ont rempli une série de questionnaires d'auto-évaluation mesurant divers concepts de personnalité et ont ensuite utilisé un simulateur de conduite avant et 30 minutes après avoir fumé une cigarette à 12,5 % de delta-9-tétrahydrocannabinol (THC). Après correction de l'influence du sexe, du taux sanguin de THC et de la vitesse moyenne avant consommation de la drogue, l'impulsivité du conducteur s'est avérée un prédicteur significatif de la variation de la vitesse après qu'il ait fumé du cannabis et soit placé dans une situation de conduite et d'exécution d'une tâche et de deux tâches. Une impulsivité accrue était liée de près à des réductions plus importantes de la vitesse de conduite après la consommation de cannabis, ce qui peut refléter une plus grande sensibilité aux effets de la drogue et une réaction compensatoire plus prononcée. D'autres études multidisciplinaires qui comprennent des composantes neurochimiques, génétiques et psychologiques seraient bénéfiques pour mieux comprendre comment l'impulsivité et d'autres personnalités ou différences individuelles peuvent affecter les effets du cannabis sur le comportement et la performance des conducteurs. Ces résultats contribueront à éclairer les initiatives éducatives en faveur d'une conduite plus sûre. *Experimental and Clinical Psychopharmacology* (2021) (CP : Bruna Brands)

## **Comparaison interannuelle des effets indésirables associés aux produits de cannabis légaux déclarés à Santé Canada, du 17 octobre 2018 au 31 décembre 2019 et du 1<sup>er</sup> janvier 2020 au 31 décembre 2020 – NOUVEAU!**

Depuis la mise en œuvre de la *Loi sur le cannabis* en 2018, un certain nombre d'événements ont pu avoir des répercussions potentielles sur la consommation et les comportements liés au cannabis, ainsi que sur le nombre et le type d'effets indésirables (EI) du cannabis déclarés. Les tendances potentielles des EI déclarés peuvent être évaluées à l'aide du cadre de vigilance de Santé Canada (SC) pour les produits du cannabis, qui permet la détection, la collecte, la surveillance, l'évaluation et la gestion des risques liés aux EI du cannabis en temps rapproché et au fil du temps sous forme de données agrégées. Ce projet vise à présenter une comparaison des cas d'EI associés aux produits du cannabis légaux recueillis en vertu de ce cadre au cours de la première et de la deuxième année de la légalisation du cannabis. Les cas d'effets indésirables sont soumis à SC par les consommateurs et les professionnels de la santé sur une base volontaire et par les détenteurs de licence sur une base obligatoire pour les EI graves. Les rapports sont reçus et codés dans la base de données de Canada Vigilance par la Direction des produits de santé commercialisés de Santé Canada et sont classés par ordre de priorité et évalués par le Bureau de la science et la surveillance sur les drogues (cannabis) de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis. Une comparaison directe des résultats descriptifs des cas domestiques impliquant des produits de cannabis légaux reçus par SC du 17 octobre 2018 au 31 décembre 2019 et du 1<sup>er</sup> janvier 2020 au 31 décembre 2020 a été effectuée pour identifier toute tendance. Le nombre total de rapports reçus par SC a augmenté au cours des périodes de déclaration, passant de 151 à 161, le nombre de cas graves ayant augmenté de 61 %. Les cas sont plus fréquents chez les femmes que chez les hommes. Les cas en 2020 étaient répartis de manière égale entre les individus < 65 et ≥ 65 ans (38% chacun), un changement par rapport à la période précédente. Les extraits oraux de cannabis étaient la classe de produits la plus fréquemment déclarée, malgré la disponibilité de nouvelles classes au cours de la deuxième année de légalisation. Certains résultats des données de l'EI ont changé tandis que d'autres sont restés cohérents entre les deux années. Les résultats sont préliminaires et d'autres années de données sont nécessaires pour observer et évaluer toute tendance à long terme. SC continuera de surveiller, d'analyser et de faire rapport sur les EI avec le cannabis. (CP : Stephanie Jack, Siara Plebon-Huff)

## **Étude des sous-produits de dégradation des ingrédients des liquides à vapoter du cannabis par désorption thermique – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Le vapotage du cannabis gagne en popularité, mais on sait peu de choses sur les sous-produits formés lors de la vaporisation des liquides de vapotage du cannabis. Cette recherche vise à fournir une meilleure compréhension de l'exposition potentielle et des risques pour la santé liés au vapotage du cannabis. La désorption thermique couplée à un chromatographe en phase gazeuse/spectromètre de masse (TD-GC/MS) a été utilisée pour développer une méthode de substitution au vapotage afin de caractériser et d'identifier les sous-produits de dégradation produits pendant la vaporisation des ingrédients du liquide à vapoter du cannabis. Un certain nombre d'ingrédients couramment trouvés



dans les produits de vapotage de cannabis ont été choisis pour l'étude, notamment dix terpènes (monoterpènes : terpinolène,  $\alpha$ -pinène,  $\beta$ -pinène, myrcène et limonène; sesquiterpènes :  $\alpha$ -humulène,  $\beta$ -caryophyllène; diterpène : phytol; triterpènes : squalane et squalène), ainsi que quatre mélanges d'arômes de vapotage terpéniques disponibles dans le commerce. D'autres substances qui ont été signalées dans certains types de produits à fumer ont également été testées, notamment le propylène glycol, l'alcool benzylique, la triactine, le citrate de triéthyle et l'acétate de vitamine E. Un certain nombre de sous-produits d'oxydation et de dégradation ont été détectés à partir des ingrédients testés. Aucun sous-produit évident n'a été observé pour le squalane, le squalène, le citrate de triéthyle, la triacétine, le propylène glycol et l'acétate de vitamine E. En revanche, de nombreux sous-produits ont été trouvés pour l'alcool benzylique, le phytol et les cinq monoterpènes. Cette étude fournit des informations initiales et démontre que dans la plage de température typique du vapotage, des sous-produits oxydatifs peuvent être présents dans les aérosols de vapotage. La toxicité de l'inhalation de certains de ces produits n'est pas encore claire, et cette méthode TD-GC/MS ne reproduit pas parfaitement la consommation d'un produit de vapotage du cannabis. Ces données préliminaires contribueront à soutenir les travaux d'évaluation et de gestion des risques, d'élaboration de politiques réglementaires et d'éducation et de sensibilisation du public aux produits de vapotage du cannabis. Publication terminée en 2022. DOI : 10.1038/s41598-022-14236-4 (CP : Jiping Zhu, Hanan Abramovici)

### **Essais pharmacologiques in vitro de cannabinoïdes synthétiques sur les récepteurs CB<sub>1</sub> et CB<sub>2</sub> – NOUVEAU!**

Le Bureau de la politique et de la science en matière de drogues (BPSS) de la Direction des substances contrôlées est chargé de fournir le statut des substances aux intervenants et de faire des recommandations sur l'inscription des substances aux annexes en vertu de la LRCDAS. Les cannabinoïdes synthétiques constituent un groupe diversifié de substances qui peuvent activer le système des récepteurs cannabinoïdes dans tout le corps humain. Ces substances ont un profil pharmacologique différent de celui des phytocannabinoïdes présents dans les plantes de cannabis, et sont connues pour être plusieurs fois plus puissantes que le principal phytocannabinoïde psychoactif  $\Delta^9$ -tétrahydrocannabinol (THC). « Les agonistes synthétiques des récepteurs cannabinoïdes de type 1, leurs sels, dérivés, isomères et sels de dérivés et d'isomères » sont actuellement contrôlés en vertu de l'annexe II, article 2, de la *Loi réglementant certaines drogues et autres substances* (LRCDAS). Les nouveaux cannabinoïdes synthétiques apparaissent rapidement et il y a un manque d'information sur leurs propriétés pharmacologiques, ce qui est essentiel pour la prise de décision scientifique en matière de réglementation de ces substances. Afin d'évaluer et de réglementer ces nouveaux cannabinoïdes synthétiques, ce projet détermine les caractéristiques pharmacologiques in vitro des nouveaux cannabinoïdes synthétiques sans information pharmacologique publiée et qui ont été rencontrés par les partenaires canadiens de l'application de la loi et les programmes de surveillance internationaux. L'affinité et l'efficacité des cannabinoïdes synthétiques putatifs au niveau des récepteurs cannabinoïdes de type 1 (CB<sub>1</sub>) et de type 2 (CB<sub>2</sub>) sont mesurées à l'aide d'essais in vitro. Les résultats informeront les activités scientifiques réglementaires de l'ODPS. De plus, l'étude a examiné la relation entre la structure chimique et l'activité pharmacologique CB<sub>1</sub>/CB<sub>2</sub> sera prise en compte pour les décisions futures sur la réglementation de la classe des cannabinoïdes synthétiques afin d'assurer la sécurité et le bien-être des Canadiens. (CP : Zhiyun Jin)

**« Juste une question d’habitude » : Selon les conducteurs d’un programme correctif, conduire sous l’influence du cannabis est une expérience ordinaire, pratique et contrôlable – NOUVEAU!**

Étant donné que de nombreux pays à travers le monde libéralisent les lois sur le cannabis, il est de plus en plus nécessaire de comprendre les contextes sociaux et les perceptions individuelles liées à la conduite sous l’influence du cannabis (CSIC). Nous avons réalisé 20 entrevues individuelles avec des participants adultes recrutés dans le cadre d’un programme correctif destiné aux conducteurs reconnus coupables ou dont le permis a été suspendu pour conduite avec facultés affaiblies. L’admissibilité à l’étude comprenait le fait d’avoir conduit, au cours de la dernière année, un véhicule automobile dans l’heure qui suivait la consommation de cannabis. Beaucoup de participants ont décrit la CSIC comme faisant partie d’expériences ordinaires ou courantes. Bien que d’autres solutions de transport aient été disponibles, la CSIC a souvent été privilégiée pour des raisons de commodité et de coût. Bien que la plupart se souviennent avoir ressenti certains effets ou une sensation d’euphorie (« high ») au volant suite à la consommation de cannabis, beaucoup ont déclaré ne pas avoir ressenti le besoin de compenser les facultés affaiblies. Résultats de l’étude – en particulier celle qui décrit la CSIC comme un comportement courant – soulignent les défis importants à relever pour mettre au point des initiatives efficaces en matière d’éducation et de prévention. *Journal of Drug Issues* (2019) (CP : Bruna Brands)

**Une variante génétique du récepteur opioïde mu module des réponses subjectives accrues au cannabis fumé – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Pour soutenir cet objectif, il est essentiel de mieux comprendre les risques associés aux produits du cannabis. Le récepteur opioïde mu est à l’origine des effets gratifiants de nombreuses substances psychoactives et constitue une cible importante dans le traitement des dépendances. De multiples sources de données ont démontré des interactions entre les systèmes opioïdes et cannabinoïdes dans l’organisme. Grâce à des données relevées auprès de 52 participants à une étude en laboratoire réalisée chez l’humain, la présente étude a donc testé l’hypothèse selon laquelle des régions polymorphes spécifiques du gène du récepteur opioïde mu (OPRM1) (c.-à-d. des régions où le gène varie d’une personne à l’autre) influenceraient les effets subjectifs du cannabis fumé. On a observé qu’après avoir fumé une cigarette de cannabis, un polymorphisme OPRM1 (rs510769) avait une incidence importante sur les effets subjectifs du cannabis, ainsi que sur les concentrations sanguines de delta-9-tétrahydrocannabinol (THC), le principal composant psychoactif du cannabis. Nos constatations montrent que la variante génétique du gène du récepteur opioïde mu (OPRM1) contribue aux différences observées en laboratoire dans l’intoxication aiguë autodéclarée au cannabis. Les résultats de cette étude permettront de mieux connaître le rôle joué par le cannabis dans le domaine de l’épigénétique. *American Journal of Translational Research* (2022) (CP : Bruna Brands)



### **Différences entre les sexes dans les effets aigus du cannabis fumé : données probantes issues d'une étude en laboratoire réalisée chez de jeunes adultes – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Pour soutenir cet objectif, il est essentiel de mieux comprendre les risques associés aux produits du cannabis. Des études sur des animaux ont révélé de fortes différences entre les sexes dans la pharmacocinétique et la pharmacodynamique du delta-9-tétrahydrocannabinol (THC). Toutefois, les données chez l'humain demeurent équivoques, si ce n'est que la consommation de cannabis pourrait avoir des conséquences plus graves chez les femmes que chez les hommes. Cette étude visait à examiner les différences qui existent dans la pharmacocinétique du THC et les effets subjectifs, physiologiques et cognitifs aigus du cannabis fumé selon les sexes chez un échantillon de consommateurs réguliers de cannabis (consommation de 1 à 4 jours par semaine) âgés de 19 à 25 ans. Les femmes fumaient moins de cigarettes de cannabis que les hommes et présentaient une concentration maximale de THC et de 11-Nor-carboxy-THC (THC-COOH) plus faible que celle des hommes. Les concentrations sanguines de THC demeuraient plus faibles chez les femmes même après correction pour tenir compte des différences dans la dose estimée de THC inhalé. Les cotes de sensation sur l'échelle visuelle analogique (EVA) des effets subjectifs des drogues, de l'humeur, du rythme cardiaque, de la tension artérielle ou des effets cognitifs du cannabis ne permettaient pas de prouver qu'il y avait des différences entre les sexes. Les femmes ressentaient les mêmes effets aigus du cannabis fumé que les hommes à une dose observée plus faible, ce qui souligne la nécessité d'effectuer davantage de recherches sur les différences entre les sexes dans la pharmacologie du THC, particulièrement lorsqu'il est administré par des voies où il est plus difficile d'augmenter la dose jusqu'à l'effet souhaité (p. ex. les produits comestibles à base de cannabis). *Psychopharmacology* (2020) (CP : Bruna Brands)

### **Test de toxicité des émissions de produits de vapotage du cannabis à l'aide du modèle de poisson zèbre – NOUVEAU!**

La *Loi sur le cannabis* a pour objectif de protéger la santé et la sécurité publiques. Le vapotage du cannabis étant une méthode de consommation populaire, une meilleure compréhension des risques pour la santé et la sécurité liés au vapotage du cannabis est nécessaire. En plus d'étudier les ingrédients utilisés dans les produits de vapotage du cannabis, il est important de prendre en compte l'aérosol généré pendant le vapotage, car c'est ce à quoi les consommateurs sont finalement exposés. Cette recherche vise à mieux comprendre la toxicité des aérosols de cannabis à fumer en utilisant le poisson zèbre comme modèle. Sept produits de vapotage de cannabis achetés sur le marché de détail légal ont été vaporisés en laboratoire et l'aérosol capturé sur des tampons filtrants. Après avoir été extraits des tampons filtrants, les échantillons ont été caractérisés par RMN 1H ou spectrométrie de masse et comparés aux liquides à vapoter de cannabis de départ. En général, bien que des différences aient été observées entre les produits, les spectres RMN 1H et les données sur les cannabinoïdes étaient très similaires pour un liquide à vapoter au cannabis et l'extrait filtré respectif de ses aérosols, tandis que les niveaux de terpènes dans les extraits filtrés étaient nettement inférieurs à ceux des liquides à vapoter de départ. Lors des tests de toxicité

générale et comportementale (GBT) et de toxicité aiguë pour les embryons de poissons (FET) chez le poisson zèbre, tous les extraits filtrés présentaient des niveaux de toxicité très similaires, malgré des différences dans la composition des extraits. Il n'est pas clair pourquoi les niveaux de toxicité observés étaient beaucoup plus élevés que ceux attendus pour les aérosols contenant du THC et du CBD sur la base d'expériences précédentes avec des cannabinoïdes purs. Ces travaux préliminaires permettront d'orienter les travaux futurs dans ce domaine, afin de contribuer à l'évaluation et à la gestion des risques, à l'élaboration de politiques réglementaires et à l'éducation et la sensibilisation du public aux produits de vapotage à base de cannabis. (CP : Lee Ellis [Conseil national de recherches], Hanan Abramovici)

### **Utilisation du cannabidiol pour le traitement de l'anxiété : une courte synthèse des données précliniques et cliniques – NOUVEAU!**

Parmi toutes les maladies mentales à travers le monde, les troubles anxieux ont la prévalence à vie la plus élevée, ce qui entraîne des coûts sociétaux élevés et un fardeau économique. Les pharmacothérapies actuelles pour traiter les troubles anxieux s'accompagnent d'effets indésirables et un taux d'efficacité relativement faible. Le cannabidiol (CBD), un constituant de la plante de cannabis, comporte des propriétés thérapeutiques potentielles pour diverses indications. Après la légalisation récente du cannabis, le CBD a suscité un intérêt accru à titre de traitement potentiel, car la majorité des données existantes suggèrent qu'il est sûr, bien toléré, qu'il a peu d'effets indésirables et qu'il ne présente aucun risque de surconsommation ou de dépendance chez les humains. Des recherches précliniques utilisant des modèles animaux de peur innée et de troubles anxieux ont révélé que le CBD présente des effets anxiolytiques, antistress, anticompuulsifs et panicolytiques. Les résultats préliminaires d'essais réalisés chez des personnes volontaires en bonne santé et des personnes souffrant d'anxiété sociale laissent croire que le CBD pourrait avoir des propriétés anxiolytiques. Bien que ces constatations soient prometteuses, de futures recherches sont nécessaires pour évaluer l'efficacité du CBD dans d'autres troubles anxieux, établir des doses appropriées et examiner son efficacité à long terme. La majorité de la recherche préclinique et clinique a été effectuée sur des hommes seulement. Chez les personnes souffrant de troubles anxieux, les taux de prévalence, la symptomatologie et la réponse au traitement diffèrent entre les hommes et les femmes. Par conséquent, les recherches futures devraient se concentrer sur ce domaine en raison du manque de recherche réalisée chez les femmes et du manque de connaissances sur les différences entre les sexes dans l'efficacité du CBD en tant que traitement potentiel de l'anxiété. *Cannabis and Cannabinoid Research* (2020) (CP : Bruna Brands)



# CHANGEMENTS CLIMATIQUES

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

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) a pour objectif à long terme d'assurer la résilience de la population canadienne face aux effets des changements climatiques sur la santé. L'évaluation de l'ARTSSN, réalisée en octobre 2020 par les services de santé de l'Alberta, était la deuxième évaluation des systèmes de surveillance syndromique en temps réel existants. L'objectif était d'identifier les éléments clés d'un système de surveillance en temps réel efficace et complet pour évaluer les impacts 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 élaborer les activités de suivi et de surveillance pancanadiennes et guider le travail du Ministère dans le cadre de sa collaboration avec les partenaires provinciaux et territoriaux dans le but d'améliorer 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)

## **Une analyse rétrospective des données administratives sur la santé pour mesurer les effets des changements climatiques sur la santé – Chaleur extrême – NOUVEAU!**

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation développe les connaissances sur les effets des changements climatiques sur la santé. La surveillance et le suivi de la santé publique sont limités par la disponibilité de données et de sources d'information fiables et de grande qualité. Dans le but d'améliorer la base de données probantes, la présente étude vise à décrire le fardeau de la morbidité et de la mortalité liées à la température au Canada, pour les années 1980 à 2021, au moyen d'analyses fondées sur les ensembles de données administratives actuellement disponibles à l'échelle nationale. Les ensembles de données utilisés comprennent la Base de données sur les congés des patients, les données du Système national d'information sur les soins ambulatoires et la Base canadienne de données de l'état civil – Décès. L'analyse tentera de mettre en évidence toute tendance dans le temps des données relatives aux maladies et aux décès liés à la chaleur. Une comparaison entre les groupes d'âge et de sexe sera effectuée, ainsi qu'une comparaison entre les provinces et les territoires où des données sont disponibles. Le rapport qui en résultera identifiera les forces et les limites de ces données et fera des recommandations sur les moyens d'améliorer la qualité et l'actualité des données rapportées. Les résultats de ces analyses fourniront des estimations de base pour les travaux en cours et doivent être terminés d'ici août 2022. (CP : Victor Gallant, Jessica Sutinen)

## **Une évaluation d'experts sur la conception des espaces de jeu et les environnements thermiques dans un contexte canadien – NOUVEAU!**

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. Les terrains de jeu servent de point central aux jeux d'enfants. Par conséquent, toute préoccupation relative aux jeux d'enfants dans les terrains de jeu, comme les températures ou les conditions non sécuritaires, peut affecter la santé et le bien-être des enfants. Chez les enfants, les températures extérieures extrêmes peuvent augmenter les risques d'insolation, de brûlures causées par les surfaces des aires de jeu et d'exposition aux rayons ultraviolets (UV) nocifs du soleil. Malgré les risques de la chaleur extrême pour la santé des enfants, les normes actuelles de conception des aires de jeux dans le monde, y compris au Canada, ne mentionnent que peu ou pas du tout la façon de concevoir les aires de jeux pour le confort thermique à travers les saisons, en particulier en été. Pour aider à combler cette lacune dans le contexte canadien, plusieurs organisations ont collaboré à l'élaboration de conseils pour des aires de jeux thermiquement confortables au Canada. Dans le cadre de ce projet, un sondage en ligne a été mené auprès de 55 experts ayant des antécédents professionnels divers, principalement du Canada et des États-Unis, afin de déterminer comment le confort thermique est perçu dans la conception et la sécurité des aires de jeux. Les résultats du sondage ont montré que les experts s'accordent à dire que le confort thermique n'est pas ou peu prioritaire dans la conception des aires de jeux. En outre, près de la moitié des répondants ont déclaré que le confort thermique devrait être considéré comme une priorité, au même titre que d'autres facteurs de sécurité, dans les directives et les normes relatives à la sécurité des aires de jeux. Les résultats de ce sondage ont non seulement contribué à la publication en 2019 d'une annexe sur le confort thermique à la norme du Groupe CSA (CAN/CSA Z614) Équipements d'aires de jeu et revêtements de protection, mais ils pourraient également contribuer à éclairer les recherches et les pratiques futures à l'échelle mondiale afin de garantir la jouabilité actuelle et future des aires de jeu dans toutes les conditions météorologiques. La publication était prévue plus tard en 2022. (CP : Gregory Richardson)

## **Bâtir des systèmes de santé durables : gros plan sur la résilience aux changements climatiques (1)**

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. Ils exercent donc des pressions sur l'infrastructure, les systèmes de gestion et les capacités des systèmes de santé. Santé Canada et l'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 :

- 
- des outils permettant d'évaluer la vulnérabilité des établissements de santé aux changements climatiques;
  - 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;
  - un cadre pour le suivi et la surveillance des maladies liées au climat.

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

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

Les liens entre la santé, l'économie et la lutte contre les changements climatiques ont été moins explorés dans les politiques et les pratiques. Le manque de renseignements sur les coûts économiques des changements climatiques et les pressions exercées sur les systèmes de santé nuisent aux efforts visant à développer la résilience climatique dans le secteur de la santé et à accroître les investissements d'adaptation à court et à long terme. Par le biais de ce projet, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) cherche à collaborer avec des économistes pour aider le secteur de la santé et la communauté climatique à mieux comprendre les coûts économiques et les gains et économies en matière de santé liés à l'action et/ou à l'inaction face aux changements climatiques. Les mesures prises pour lutter contre les changements climatiques ont d'importantes répercussions sanitaires, sociales et économiques. Il s'agit notamment des avantages liés à la réduction des risques pour la santé humaine qui découlent de l'adaptation au réchauffement de la planète, et des gains importants pour la santé qui peuvent être obtenus par des actions visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à améliorer la qualité de l'air. Une valeur économique peut être attribuée aux gains de santé. Les avantages sociaux des changements climatiques peuvent être mis en regard des coûts économiques des interventions politiques. Par ce projet, l'OMS cherche à développer une approche plus cohérente de la santé, de l'économie et des changements climatiques et une plus grande priorité pour la santé dans la politique d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques grâce à une compréhension commune claire de la manière dont ces considérations doivent être évaluées conjointement. Il s'agira notamment d'élaborer un cadre global pour la santé, les changements climatiques et l'économie. L'organisation vise également à examiner les outils existants pour l'évaluation de la santé, du climat et de l'économie afin de contribuer à l'amélioration des pratiques mondiales visant à sélectionner des options d'adaptation en matière de santé, et à la promotion des actions qui améliorent les résultats en matière de santé et d'atténuation des changements climatiques. Enfin, l'exécution d'un exercice de simulation de politiques contribuera à améliorer la pratique mondiale de l'analyse des implications en matière de santé, d'économie et de changements climatiques. (CP : Victor Gallant)

## **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 sur la santé liés à la chaleur au Canada (par 100 000 personnes) tous les 3 ans. Des valeurs de référence seront établies d'ici la fin de l'exercice 2021–2022. Le présent projet vise à produire des estimations de référence des risques de maladie et de décès dus aux changements climatiques au Canada par ville et par région sanitaire de même qu'à projeter les risques de morbidité et de mortalité attribuables à la température selon différents scénarios de changements climatiques. Les données sur la mortalité, qui porteront sur la période allant de 1986 à 2015, seront issues de la Base canadienne de données sur l'état civil – Décès; 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. Cette étude offrira une caractérisation détaillée des changements dans l'exposition aux températures extérieures non optimales dans diverses régions du Canada, selon une variété de scénarios de réchauffement climatique. (CP : Chris Hebborn, Éric Lavigne)

## **Élaboration et mise en œuvre d'un système d'alerte et de réponse à la chaleur dans les régions rurales de la Colombie-Britannique – NOUVEAU!**

L'un des mandats du Bureau des changements climatiques et de l'innovation est de protéger la santé des Canadiens contre les chaleurs extrêmes. De 2018 à 2020, le BCCI a appuyé l'autorité sanitaire de l'intérieur de la Colombie-Britannique pour élaborer et mettre en œuvre un système d'avertissements et d'intervention en cas de chaleur (SAIC) dans le village rural d'Ashcroft, dans la région de l'intérieur. Ashcroft est l'un des « points chauds » de la Colombie-Britannique, avec des températures historiquement élevées, et une forte proportion de la population âgée de plus de 60 ans (un groupe démographique particulièrement vulnérable à la chaleur). L'objectif de ce projet était de soutenir le développement et la mise en œuvre d'un système d'avertissements et d'intervention en cas de chaleur dans une petite communauté rurale. L'autorité sanitaire a facilité la collaboration entre les gouvernements provinciaux et locaux, les organisations communautaires et les partenaires des Premières Nations afin d'évaluer les atouts de la communauté, de rédiger un plan contre la chaleur



extrême et de préparer une intervention soutenue par la communauté pendant les épisodes de chaleur. Les intervenants ont souligné l'importance d'utiliser les partenariats et les ressources communautaires existants, comme l'infrastructure physique et procédurale, pour intégrer le plan SAIC. Il était impératif que le plan soit simple, concis et qu'il tienne compte du contexte unique de la communauté. Le matériel éducatif et une méthode de diffusion adaptée étaient importants pour l'atténuation des risques collectifs et individuels. Une approche communautaire utilisant les ressources existantes a permis d'intégrer le programme SAIC aux plans d'intervention municipaux et aux infrastructures établies. Le résultat est une intervention de santé publique durable qui a le potentiel d'atténuer les effets négatifs de la chaleur extrême sur la santé. Les connaissances acquises dans le cadre de cette initiative alimentent des processus de planification SAIC similaires dans d'autres communautés rurales de la Colombie-Britannique et dans tout le Canada. Publié le 18 mars 2022. (CP : Rachel Siblock, en partenariat avec l'Interior Health Authority de la Colombie-Britannique)

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

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. 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 principal 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, étudiante au doctorat)

### **Établissement de seuils de température intérieure fondés sur des données probantes pour protéger 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 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 populations à risque. Des expériences physiologiques sont en cours pour évaluer comment les personnes réagissent à une gamme de températures et ainsi déterminer les températures intérieures qui sont potentiellement dangereuses pour la santé humaine. L'étude menée en laboratoire a été lancée au début de 2019 chez les aînés (sujets âgés de 65 à 80 ans), qui constituent une population préoccupante en raison de leur capacité réduite de s'adapter à la chaleur. En 2019, des observations préliminaires sur le terrain ont été faites chez les enfants et les adolescents (sujets âgés de 10 à 14 ans), qui constituent aussi une population préoccupante. Pour constituer le corpus de données probantes du projet, notamment en ce qui concerne les enfants et les autres populations potentiellement vulnérables, les chercheurs ont recueilli des données et ont réalisé d'autres revues de la littérature. Ces revues ont été achevées et publiées 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. Le rapport final devait être prêt le 30 juin 2022. (CP : Victor Gallant, Kerri Warner)

### **Verdir pour s'enrichir : Estimation économique des bénéfices de l'exposition aux espaces verts sur la santé**

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



## La santé des Canadiens dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir, 2022

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation (BCCI) de Santé Canada a dirigé l'élaboration de l'évaluation nationale des changements climatiques et de la santé publiée en février 2022, intitulée La santé des Canadiens et des Canadiennes dans un climat en changement : Faire progresser nos connaissances pour agir. Le rapport fait partie d'une série de rapports produits dans le cadre du processus d'évaluation des connaissances sur les impacts et l'adaptation liés aux changements climatiques du gouvernement du Canada, dirigé par Ressources naturelles Canada. Il évalue les dernières recherches et informe les Canadiens sur la façon dont les changements climatiques affectent leur santé et le système de santé. Le rapport La santé des Canadiens et des Canadiennes dans un climat en changement : Faire progresser nos connaissances pour agir s'appuie sur les évaluations nationales menées en 2008 et 2014. Le rapport final comprend des chapitres distincts qui examinent les répercussions des changements climatiques sur la santé mentale, les maladies infectieuses, la salubrité et la sécurité des aliments, la salubrité et la sécurité de l'eau, les dangers naturels, la pollution atmosphérique, les inégalités en matière de santé, les défis particuliers auxquels font face les peuples autochtones ainsi que l'adaptation et la résilience des systèmes de santé. L'évaluation vise à renforcer les connaissances sur l'impact 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. Grâce à la consultation des partenaires et à la contribution des Canadiens, le rapport final :

- examine les impacts des changements climatiques sur la santé des Canadiens;
- examine les impacts des changements climatiques sur le système de santé;
- étudie les mesures permettant de s'adapter efficacement à un climat en changement et de réduire les changements climatiques futurs. (CP : Peter Berry)

### Projet de recherche sur les leçons apprises du programme ADAPTATIONSanté

ADAPTATIONSanté est un programme pluriannuel de renforcement des capacités lancé en 2018 pour aider le secteur de la santé du Canada à se préparer et à réagir aux impacts des changements climatiques sur la santé. Le programme soutient l'élaboration, la mise à l'essai et la mise en œuvre de plans locaux et régionaux d'adaptation aux changements climatiques en matière de santé et vise à améliorer la compréhension des effets qu'ont les changements climatiques sur les systèmes de santé, la santé des Canadiens et les collectivités potentiellement plus à risque. Le programme a lancé un appel de propositions en 2018 et a financé dix autorités sanitaires dans cinq provinces et territoires jusqu'en mars 2023. L'objectif du projet de recherche sur les leçons apprises du programme ADAPTATIONSanté est de fournir aux autorités sanitaires du Canada des conseils pratiques sur la façon d'aborder les risques sanitaires liés au climat dans leurs provinces et territoires, en mettant l'accent sur la façon d'entreprendre une évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation (V et A) face aux changements climatiques et en matière de santé. Cette initiative de recherche comprendra des enquêtes auprès des bénéficiaires du financement dans le cadre du programme ADAPTATIONSanté afin d'évaluer leurs expériences avec le programme, et des enquêtes auprès des autorités sanitaires canadiennes qui n'ont pas effectué d'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques et en matière de santé afin de mieux comprendre les obstacles au démarrage. En outre, cette recherche

comprendra des entretiens avec des informateurs clés auprès de tous les bénéficiaires du financement de ADAPTATIONSanté afin de comprendre les défis et les possibilités offerts au début de leurs projets, et des entretiens avec des experts en changements climatiques et en santé qui soutiennent les autorités sanitaires dans leurs V et A sur les changements climatiques et la santé. Cette recherche servira de base à un document d'orientation qui donnera un aperçu des leçons tirées du programme ADAPTATIONSanté. La production et la distribution de ce document d'orientation appuiera l'objectif global du programme ADAPTATIONSanté, qui consiste à renforcer la capacité des autorités sanitaires du Canada à se préparer et à réagir aux effets des changements climatiques. (CP : Katie Hayes)

### **Répercussions du système d'avertissement et d'information de chaleur harmonisé pour l'Ontario sur les visites au service d'urgences pour des maladies liées à la chaleur en Ontario, au Canada : une analyse de série chronologique fondée sur la population – NOUVEAU!**

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. Le système d'avertissement et d'information de chaleur harmonisé pour l'Ontario (SAIC) transmet des alertes régionales harmonisées sur la chaleur et des messages normalisés sur la chaleur et la santé aux unités de santé publique provinciales, avant les périodes de chaleur extrême. Cette étude a cherché à savoir si la mise en œuvre du SAIC harmonisé en mai 2016 était associée à une réduction des visites aux urgences pour des maladies liées à la chaleur dans les zones urbaines de l'Ontario, au Canada. Les chercheurs ont effectué une analyse de séries chronologiques interrompues fondées sur la population, du 30 avril au 30 septembre de 2012 à 2018, en utilisant des données administratives sur la santé et la température extérieure, afin d'examiner si les taux de visites aux urgences ont changé après la mise en œuvre du SAIC harmonisé. Les chercheurs ont également examiné si les effets différaient dans les groupes vulnérables à la chaleur (personnes de 65 ans et plus ou de moins de 18 ans, personnes souffrant de comorbidités, personnes ayant des antécédents récents d'itinérance), et par région d'alerte de chaleur. Au cours de la période d'étude, les alertes de chaleur sont devenues plus fréquentes dans les zones urbaines. Les taux de visites aux urgences étaient particulièrement élevés chez les personnes ayant des antécédents récents d'itinérance. Bien que ces taux semblent avoir diminué après la mise en œuvre du SAIC dans certaines sous-populations, le changement n'était pas statistiquement significatif. Les efforts visant à améliorer continuellement les processus du SAIC sont importants compte tenu de l'évolution du climat canadien. Cette étude fournit une évaluation de la capacité de protection actuelle du système SAIC, et un point de départ pour l'amélioration et le renforcement du système afin de protéger davantage les résidents de l'Ontario. La publication est prévue pour l'été 2022. (CP : Rebecca Stranberg)



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

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

## **Réimaginer les espaces de jeux pour les enfants : élaboration de directives pour des aires de jeux thermiquement confortables au Canada**

Le Bureau des changements climatiques et de l'innovation s'est engagé à protéger la santé des Canadiens contre les chaleurs extrêmes, en particulier celle des populations vulnérables. La planification et la conception d'espaces extérieurs thermiquement confortables revêtent une importance croissante dans le contexte des changements climatiques, d'autant plus que les enfants sont plus vulnérables que les adultes aux extrêmes environnementaux. Cependant, les normes existantes en matière d'aires de jeux se concentrent sur l'équipement et le revêtement pour réduire les blessures aiguës, sans mentionner les conséquences négatives potentielles sur la santé liées aux maladies dues à la chaleur, à l'exposition au soleil et à d'autres extrêmes thermiques. L'objectif de ce projet était d'élaborer des lignes directrices proposées pour la conception d'aires de jeux thermiquement confortables au Canada en vue de leur inclusion dans la norme CAN/CSA-Z614 Équipements d'aires de jeu et revêtements de protection. Un groupe d'experts multidisciplinaires a élaboré des directives techniques pour améliorer le confort thermique des terrains de jeu, y compris une annexe de six pages sur le confort thermique adoptée dans une norme nationale sur les terrains et l'équipement de jeu. Cette annexe a été utilisée

par des écoles canadiennes dans le cadre d'un concours visant à concevoir et à mettre en œuvre des aires de jeux écologiques. Le rapport technique et l'annexe sur le confort thermique permettent de sensibiliser et d'orienter la gestion des conditions environnementales sur les aires de jeux. Des espaces de jeu thermiquement sûrs et confortables contribueront à faire en sorte que les terrains de jeu du Canada soient conçus de manière à minimiser les risques pour la santé environnementale des enfants. Publication le 15 juin 2021. (CP : Gregory Richardson)

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

Santé Canada a identifié le besoin d'une recherche sur l'opinion publique (ROP) pour comprendre les opinions actuelles des Canadiens sur les changements climatiques, y compris les risques et les impacts qu'ils croient associés à leur santé, et la meilleure façon de s'adapter et d'être plus résilient à l'avenir. Santé Canada a lancé une ROP en 2008 et en 2017, les résultats de ces ROP ont été utilisés pour établir des niveaux de référence auxquels les résultats de la ROP 2022 ont été comparés. Les objectifs de la ROP 2022 étaient de comprendre :

- Le niveau de sensibilisation aux changements climatiques et à leurs risques et impacts sur la santé;
- Les mesures prises pour s'adapter/être plus résilient aux risques pour la santé ou aux impacts des changements climatiques;
- Les sources fiables des médias utilisés et les autres moyens et possibilités d'éducation et de sensibilisation;
- L'opinion du public sur le(s) rôle(s) des organisations gouvernementales et non gouvernementales.

La ROP 2022 a été réalisée entre le 10 février et le 13 mars 2022 par une méthode bimodale. Des réponses ont été obtenues de 1 905 Canadiens (par téléphone : 1 520 et en ligne : 385) âgés de 18 ans et plus. Les résultats indiquent que 85 % des Canadiens sont de plus en plus convaincus que les changements climatiques sont bel et bien en train de se produire; cette conviction a augmenté de façon constante au fil du temps (de 69 % en 2008 à 79 % en 2017). Les Canadiens qui croient que les changements climatiques sont en train de se produire (certainement ou probablement) expriment une inquiétude généralisée à ce sujet (79 % sont au moins quelque peu inquiets des changements climatiques). Le rapport final sera publié en ligne sur le site Web de Bibliothèque et Archives Canada d'ici décembre 2022. (CP : Lubna Salman)

## **Les impacts du dôme thermique de l'Ouest, 2021 : une revue systématique des articles, rapports et communications des médias – NOUVEAU!**

Le phénomène météorologique le plus meurtrier de l'histoire du Canada a frappé le pays du 25 juin au 7 juillet 2021. Les provinces de l'Ouest ont enregistré plus de 103 records de chaleur de tous les temps, y compris la température la plus élevée jamais mesurée au Canada (49,6 °C; 29 juin 2021, Lytton, Colombie-Britannique). Le Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique (BC CDC) a publié des valeurs indiquant 740 décès excédentaires liés au dôme thermique de



l'Ouest. Un examen rapide des articles de presse montre que le dôme thermique de l'Ouest a eu des répercussions sur l'économie, l'infrastructure, l'environnement, la santé et le bien-être social du Canada. Cependant, à ce jour, aucune revue systématique n'a été menée pour évaluer les répercussions de cet événement. Pour combler cette lacune, cette série d'études procédera à une analyse systématique des articles de presse et de la littérature grise dans les limites du Canada. Les résultats de ce travail serviront de nombreux intérêts. Ils illustreront les impacts des épisodes de chaleur extrême (ECE) au Canada sur les personnes, l'économie et l'environnement, et aideront la Colombie-Britannique et d'autres régions du Canada à se préparer et à renforcer leur résilience à la chaleur extrême. Ils fourniront à Santé Canada et à ses partenaires d'importants renseignements de base et des leçons apprises tout en favorisant une meilleure compréhension de l'impact des épisodes de chaleur extrême sur l'économie, l'infrastructure, l'environnement, la santé et le bien-être social. Elles appuieront le profil de risque national du gouvernement du Canada, qui est une évaluation stratégique nationale des risques et des capacités en matière de catastrophes fondée sur des preuves scientifiques et sur les commentaires des intervenants, ainsi que la Stratégie de gestion des urgences pour le Canada, qui comprend un objectif visant à améliorer la compréhension des risques de catastrophes dans tous les secteurs de la société. Enfin, ces résultats pourraient être utilisés par tous les niveaux de gouvernement au Canada pour éclairer les interventions proactives en matière de santé et mieux se préparer aux futurs ECE. Publication prévue à l'automne 2022. (CP : Emily Tetzlaff, Melissa Gorman)

### **Comprendre la mortalité pendant le dôme de chaleur de 2021 en Colombie-Britannique – NOUVEAU!**

Santé Canada entend protéger les Canadiens contre les risques pour la santé que présentent les épisodes de chaleur extrême (EHE). À cette fin, Santé Canada collabore avec les provinces et les territoires pour établir des partenariats avec divers intervenants dans tout le pays afin de mettre en œuvre et d'améliorer les systèmes d'avertissements et d'intervention en cas de chaleur (SAIC). Le British Columbia Centre for Disease Control (BC CDC) a fait part à Santé Canada de son intérêt à comprendre la mortalité en C.-B. pendant le dôme de chaleur de l'Ouest en 2021. Le BC CDC a l'intention d'utiliser une plateforme de données initialement prévue pour les analyses liées au COVID afin de relier tous les décès à de multiples ensembles de données administratives. Le projet comparera les personnes décédées pendant le dôme de chaleur avec les personnes décédées pendant d'autres périodes et les personnes ayant survécu au dôme de chaleur afin de mieux comprendre les facteurs de risque et les facteurs potentiellement protecteurs. Il est d'autant plus important de comprendre ces facteurs que l'on s'attend à ce que les ECE augmentent en fréquence, en gravité et en durée en raison du changement climatique, ce qui entraînera une augmentation des maladies et des décès. La Colombie-Britannique utilisera ces informations pour alimenter son programme provincial SAIC, y compris les messages et les actions/réponses de santé publique visant à protéger les populations des futurs ECE. L'information sera également utile pour d'autres juridictions à travers le Canada. L'enquête épidémiologique s'ajoutera à l'ensemble croissant de connaissances sur le SAIC que Santé Canada pourra utiliser pour mettre à jour ses publications et son matériel d'information. L'intention est d'élaborer des manuscrits examinés par des pairs qui seront partagés publiquement, afin que les intervenants du Canada et du monde entier puissent tirer des leçons de l'événement du dôme thermique et, en fin de

compte, faire progresser leurs réponses respectives à la chaleur fondées sur des preuves. Le projet contribuera directement au mandat du Bureau des changements climatiques et de l'innovation, qui consiste à aider les collectivités canadiennes à mettre en œuvre ou à améliorer les systèmes d'alerte et d'intervention en cas de chaleur et à comprendre les vulnérabilités locales aux ECE. L'ébauche du manuscrit est attendue en août 2022. (CP : Melissa Gorman en partenariat avec le BC CDC)

### **Guide de l'OMS pour la réalisation d'évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques et à la santé – NOUVEAU!**

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 compréhension des risques sanitaires liés au climat, des forces et des faiblesses du système de santé et des programmes spécifiques de gestion des impacts des changements climatiques est d'une importance capitale pour planifier les modifications nécessaires à l'augmentation de la résilience des systèmes de santé. Les évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation (V et A) sont un outil qui permet aux pays d'évaluer quelles populations et quelles zones géographiques précises sont les plus vulnérables à différents types d'effets des changements climatiques sur la santé; d'identifier les faiblesses des systèmes qui devraient les protéger; et de spécifier les interventions pour y répondre. L'objectif de ce rapport est de fournir des orientations de base et modulables sur la réalisation d'évaluations nationales ou infranationales de la vulnérabilité actuelle et future aux risques sanitaires des changements climatiques, ainsi que des politiques et programmes susceptibles d'accroître la résilience, en tenant compte des multiples déterminants des résultats sanitaires sensibles au climat. Ce rapport s'appuie sur le précédent rapport *Protéger la santé face au changement climatique : évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation*, publié en 2013, et intègre les nouvelles connaissances sur les changements climatiques et la santé. Publié en octobre 2021. (CP : Peter Berry)



## SÉCURITÉ DES PRODUITS DE CONSOMMATION

### **Blessures ou maladies aiguës liées à l'inhalation d'aérosols de vapotage chez les enfants et les adolescents du Canada : Une enquête transversale auprès de pédiatres canadiens – NOUVEAU!**

Les taux de prévalence du vapotage ont augmenté chez les jeunes Canadiens. Selon les données probantes, le vapotage présente des risques significatifs pour la santé des enfants et des adolescents. L'étude avait pour objectifs d'étudier les caractéristiques épidémiologiques des cas de blessures/maladies aiguës dues à l'inhalation d'aérosols de vapotage chez les enfants et les adolescents du Canada et d'explorer les facteurs contribuant aux cas graves. Les données tirées de l'enquête transversale de 2019 du Programme canadien de surveillance pédiatrique sur les blessures et maladies liées au vapotage ont été utilisées. Les analyses ont porté sur les cas de blessures et maladies (n = 71) chez les enfants et les adolescents âgés de 0 à 17 ans examinés par les pédiatres participants en raison d'un préjudice lié à l'inhalation d'aérosols de vapotage. L'inhalation d'aérosols de vapotage chez les enfants et les adolescents peut contribuer à des blessures et des maladies aiguës. Des associations claires entre les variables de l'étude et les cas graves n'ont pu être établies en raison de la petite taille de l'échantillon. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les prédicteurs et les facteurs de risque évitables des blessures graves liées au vapotage. Publié le 23 août 2021 : <https://doi.org/10.1093/pch/pxab062> (CP : Minh T Do, Lina Ghandour)

### **Évaluation de la virulence des agents pathogènes humains opportunistes présents dans les mélanges microbiens– NEW !**

Les sections de biotechnologie du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN) sont chargées de réaliser des évaluations des risques pour la santé humaine des micro-organismes utilisés comme produits de la biotechnologie qui pourraient être des agents pathogènes pour les humains ou qui présentent des caractéristiques susceptibles d'accroître leur potentiel pathogène. À cette fin, une analyse approfondie des preuves scientifiques les plus récentes disponibles dans la littérature ainsi que des renseignements et des données fournis par le déclarant, comme le prescrit par le *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (organismes)* [RRSN(O)]. La recherche à l'appui de la réglementation est importante pour identifier et combler les lacunes dans les connaissances nécessaires à la réalisation de ces types d'évaluation. Les applications émergentes des produits biotechnologiques qui peuvent nécessiter une déclaration en vertu du RRSN(O) concernent des produits qui sont des mélanges formulés à partir de cultures pures. Ces applications comprennent les produits de nettoyage, la production de biocarburants et le traitement des eaux usées. Bon nombre de ces produits existent sous forme de mélanges microbiens hétérogènes de plusieurs espèces. Les travaux proposés dans cet accord de recherche concertée (ARC) permettront de mieux comprendre la pertinence et les limites éventuelles de l'évaluation de la pathogénicité des mélanges microbiens hétérogènes par rapport à la virulence de chaque microbe séparément. Les conclusions tirées nous permettront d'approfondir notre

compréhension des interactions complexes entre les agents microbiens présents dans des mélanges destinés à des applications biotechnologiques. De plus, les sections de biotechnologie du BECSN, en partenariat avec Innovation, Sciences et Développement économique (ISDE) Canada, a lancé un défi aux innovateurs canadiens en biotechnologie afin de développer des outils bioinformatiques prédictifs pour comprendre les interactions microbiennes et leurs répercussions sur la prédiction des effets indésirables (pathogénicité, toxicité, etc.). Les résultats de recherche de cet ARC devraient compléter l'analyse prédictive de l'ISDE et fournir des outils d'analyse des risques plus complets. (CP : Azam Tayabali)

### **Analyse de la composition des produits de consommation contenant des terpènes et des terpénoïdes – NOUVEAU!**

Le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) est une initiative mise en œuvre par le gouvernement du Canada pour réduire le risque que présentent les produits chimiques pour les Canadiens et l'environnement. Afin de soutenir les stratégies d'évaluation et de gestion des risques pour le groupe des terpènes et des terpénoïdes dans le cadre du PGPC, des produits chimiques communément trouvés dans les huiles essentielles et les teintures, le Laboratoire de la sécurité des produits (LSP) a effectué une série d'analyses de composition sur des produits annoncés comme contenant : de l'huile de cade, de la verveine officinale, de l'arbre à liège et du sandela. Le LSP a amélioré les stratégies de flux de travail pour l'analyse qualitative des huiles afin de remédier aux limites des instruments pour la détection et la confirmation de composés cibles spécifiques. Plusieurs techniques ont été utilisées pour la détection et la confirmation des composés, notamment la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM), la chromatographie en phase liquide équipée d'un spectromètre de masse à triple quadripôle (CL-SM/SM) et la CG-SM/SM. Les paramètres qualitatifs des instruments ont été développés et modifiés pour tenir compte des interférences entre les composés et des limites des différentes techniques. Des matériaux de référence ont été acquis pour certains composés d'intérêt et une analyse quantitative a été réalisée. Pour d'autres composés, une chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à ionisation de flamme (CG-DIF) a été utilisée pour fournir des estimations de concentration semi-quantitatives. Les résultats des analyses de composition et l'expertise en matière d'essais acquise dans le cadre de ce travail permettront de soutenir davantage l'évaluation des risques et les stratégies de gestion des risques pour les terpinéols. (CP : Nathalie Ritchot)

### **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, permet de mieux comprendre l'exposition des enfants canadiens au DEET et d'orienter toute recommandation à venir. (CP : Jennifer Gibson; Kim Irwin)

### **Élaboration d'une méthode à haut débit en chambre d'essai pour la détermination des composés organiques semi-volatils dans les produits disponible aux consommateurs**

Santé Canada est chargé de l'évaluation et de la gestion des risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement. Les produits disponible aux consommateurs sont les principales sources intérieures d'un grand nombre de produits chimiques, y compris les composés organiques semi-volatils (COSV), comme 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. Le taux d'évaporation, ou taux d'émission, est un élément d'information essentiel pour estimer les concentrations de COSV dans l'air intérieur afin d'évaluer l'exposition des humains aux COSV émis par les produits. Comme ils ont des tensions de vapeur relativement faibles et une tendance à être absorbés par les matériaux de surface, les taux d'émission des COSV sont difficiles à mesurer au moyen des essais classiques dans une enceinte 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. 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 des humains à ces composés et élaborer des politiques et des lignes directrices relatives à l'air intérieur. (CP : Jiping Zhu)

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

Santé Canada évalue et gère les risques liés aux micro-organismes biotechnologiques en vertu de la LCPE (*Loi canadienne sur la protection de l'environnement [1999]*). 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 nettoyeurs chimiques, ou comme additifs dans ceux-ci, et contribueraient à la biomasse dans la poussière domestique. On ignore les schémas d'exposition aux produits de nettoyage microbiens en milieu résidentiel et sans cette information, il n'est pas possible d'évaluer avec exactitude les risques qui y sont liés. Au cours des dernières années, des initiatives ont été lancées au Canada pour analyser la poussière domestique (l'Enquête sur la poussière domestique au Canada et l'étude de

cohorte de naissances Canadian Healthy Infant Longitudinal Development [CHILD]) et 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 vise à mettre au point une méthode d'estimation de la présence de micro-organismes de la LIS dans la poussière domestique 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 ceux présents dans les résidences où l'on utilise des produits de nettoyage chimiques. (CP : Phil Shwed)

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

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



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

Santé Canada évalue 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. Des échantillons d'eau de surface ont été prélevés mensuellement (de mai à octobre 2021) dans six bassins versants à usage mixte, en plus de quatre sites d'exploration, afin de déterminer la distribution et les concentrations de substances médicamenteuses figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LMIC) de Santé Canada. De plus, des échantillons de sédiments prélevés mensuellement en 2020 (de mai à octobre) ont été analysés pour un certain nombre de médicaments supplémentaires. Les échantillons instantanés d'eau de surface et les échantillons de sédiments ont été analysés selon des méthodes ciblées LC-MS/MS. Le traitement des échantillons pour les eaux de surface a été effectué à l'aide de SPE en ligne en combinaison avec un système robotique OT-2 pour la préparation des échantillons. Tous les composés ont été analysés à l'aide d'étalons marqués isotopiquement (lorsqu'ils sont disponibles) avec des courbes d'étalonnage appariées à la matrice. Des échantillons de sédiments ont été extraits séquentiellement pour déterminer quels composés ont été rapidement désorbés, lentement désorbés et liés aux sédiments. Le travail de collaboration et l'échantillonnage passif continuent de prendre de l'expansion et comprennent maintenant le réseau NORMAN, les partenaires provinciaux et ECCC. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des substances figurant sur la LRSC et des nouvelles substances présentes dans les produits réglementés par la LAD qui doivent être déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles*, conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. (CP : Dianne Hughes; Mark Sumarah)

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

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

## **Migration des produits ignifuges des produits de consommation contenant de la mousse – NOUVEAU!**

Le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) est une initiative du gouvernement du Canada visant à réduire les risques que posent les produits chimiques aux Canadiens et à leur environnement. Les produits ignifuges organiques figuraient parmi les produits chimiques identifiés comme prioritaires pour les mesures à prendre dans les deuxième et troisième phases du PGPC. En 2019–2020, afin d'appuyer les stratégies d'évaluation et de gestion des risques pour les produits ignifuges, le Laboratoire de l'innocuité des produits (LSP) a testé une série de produits de mousse polymère mis à la disposition des consommateurs pour la concentration totale de cinq produits ignifuges : le tris(1-chloro-2-propyl)phosphate (TCPP), le tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCPP), le 1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine (mélamine), phosphate de triéthyle (TEP), et isopropylphénylphosphate (IPPP). Le projet actuel s'étend sur le travail de 2019–2020, en examinant les quantités de TEP, IPPP et mélamine à l'aide d'un système de sueur simulé. PSL a développé et validé des méthodes d'essai pour l'absorption cutanée du TEP, de l'IPPP et de la mélamine qui migrent de la surface de la mousse dans la sueur simulée. PSL a mis au point et validé des méthodes d'essai pour la migration du TEP, de l'IPPP et de la mélamine de la mousse pour imiter l'exposition cutanée médiée par la sueur de se coucher ou de s'asseoir sur des produits contenant de la mousse. Un sous-ensemble de produits de consommation du projet 2019–2020 a été testé. Un total de 27 spécimens ont été examinés pour la migration de la mélamine, et 30 spécimens ont été examinés pour les migrations de TEP et d'IPPP. En plus de la migration, ce projet a examiné la perte de concentration ignifuge au fil du temps d'entreposage en testant la concentration totale du sous-ensemble de produits mis à la disposition des consommateurs après 20 mois d'entreposage. L'ensemble de données généré par ce projet appuiera davantage les stratégies d'évaluation et de gestion des risques pour le TEP, le PPPI et la mélamine. (IP : Nathalie Ritchot; Katrina Griffiths)

## **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 aux systèmes d'approvisionnement en eau (p. ex. sources d'approvisionnement en eau potable, barrages, pipelines, usines d'épuration, sites récréatifs), sera en mesure de concentrer et d'échantillonner régulièrement (c.-à-d. tous les jours) les bactéries sans intervention de l'utilisateur. Le projet vise à fournir, en plus de ce dispositif automatique portable, des connaissances de base sur le potentiel pathogène des bactéries utilisées dans les applications de biotechnologie. Une méthode sera mise au point pour reproduire le mécanisme infectieux de



microorganismes étroitement apparentés à la menace biologique connue, *Bacillus anthracis*, qui cause la maladie du charbon. Plus précisément, *Bacillus anthracis* infecte des globules blancs spécifiques appelés « macrophages ». En vérifiant si d'autres bactéries utilisées en biotechnologie peuvent infecter les macrophages, on disposera d'une méthode fonctionnelle d'évaluation de la pathogénicité. Le projet vise aussi à déterminer si les espèces du genre *Bacillus* d'origine biotechnologique peuvent être détectées dans les eaux de surface naturelles à l'aide de méthodes moléculaires et d'un système d'identification des bactéries spécialement conçu pour les souches biotechnologiques utilisées au Canada. Le projet aboutira à la mise au point d'un capteur biologique novateur pour la détection automatique des souches de *Bacillus* pouvant faire l'objet d'un double usage et à la production de renseignements importants sur le potentiel pathogène et la présence dans l'environnement des espèces biotechnologiques de *Bacillus* qui sont étroitement apparentées à des agents pathogènes humains connus. (CP : Azam Tayabali)

# SUBSTANCES CONTRÔLÉES

## **Analyse des liquides de vapotage sur le marché canadien pour les composés chimiques d'intérêt**

La nicotine qui contient des produits de vapotage (PV) ou des cigarettes électroniques sont des dispositifs alimentés par batterie qui sont utilisés pour créer un aérosol inhalé par l'utilisateur. L'aérosol est produit à partir d'un liquide, appelé liquide de vapotage, qui se trouve dans un réservoir ou une cartouche et qui est habituellement constitué de propylène glycol, de glycérol, de nicotine et de divers arômes. Lorsqu'ils sont activés, les dispositifs vaporisent le liquide de vapotage au moyen d'un élément chauffant ou d'un serpentin, logé dans un atomiseur; cette vapeur se condense ensuite rapidement en aérosol inhalé. Les PV sont utilisés par de nombreux Canadiens pour obtenir de la nicotine. Les données qualitatives et quantitatives obtenues à partir d'analyses chimiques de liquides de recharge de cigarettes électroniques ou de liquides à vapoter axés sur des ingrédients aromatisants particuliers et d'autres produits chimiques d'intérêt serviront à appuyer les initiatives et les activités de réglementation de Santé Canada relatives aux produits de vapotage. Les données qualitatives préliminaires ont été publiées en 2021. « Open Characterization of vaping liquids in Canada : chemical profiles and trends ». *Frontiers in Chemistry* 9, Article 756716. (CP : Cariton Kubwabo, Ivana Kosarac)

## **Une enquête sur les méfaits causés par l'alcool subis par différents groupes de consommateurs d'alcool au Canada – NOUVEAU!**

Le mandat de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (CCSC) est de réduire ou de prévenir les méfaits associés à de nombreuses drogues et substances contrôlées au Canada. Cette étude vise à décrire sur une période continue, selon le sexe, la répartition de l'usage d'alcool et la répartition des méfaits pour la santé causés par l'alcool au Canada. La consommation d'alcool per capita sera tirée des données officielles sur les ventes. Les méfaits pour la santé causés par l'alcool proviendront des données administratives sur la santé. La consommation d'alcool per capita et l'information sur la prévalence de la consommation d'alcool seront utilisées pour créer des mesures continues de la consommation moyenne d'alcool tout au long de la vie. L'étude définit en outre un nouveau concept, la fonction de la densité des méfaits, qui décrit de façon continue comment les effets nocifs de l'alcool sur la santé sont répartis au sein de la population et, par conséquent, où les politiques sur l'alcool devraient être ciblées. Le projet a reçu le soutien financier du programme sur l'usage et les dépendances aux substances à titre de priorité départementale. (CP : Tim Stockwell, Ph. D., Canadian Institute for Substance Use Research; Samantha Cukier, Ph. D. (DGSCC))



## **Une éclosion de nouvelles substances psychoactives benzodiazépines dans l’approvisionnement en drogues non réglementés: résultats préliminaires d’un programme communautaire de vérification des drogues utilisant des méthodes au point de service et de confirmation – NOUVEAU!**

Le laboratoire du Service d’analyse des drogues (SAD) de Santé Canada a pour mandat d’analyser des échantillons de drogues soupçonnées provenant d’organismes d’application de la loi et de partenaires en santé publique afin de déterminer s’ils contiennent ou non des substances désignées en vertu de la *Loi réglementant certaines drogues et autres substances*. À partir de la mi-2018, une augmentation des nouvelles substances psychoactives (NPS) benzodiazépines a été notée lors de la surveillance des drogues autour de Vancouver. L’augmentation était concordante avec une flambée de surdoses atypiques suspectes de falsification des opioïdes par les benzodiazépines. Cette étude visait à décrire le nombre et le type de NPS benzodiazépines dans un échantillon d’un programme communautaire de vérification des drogues et à explorer l’exactitude des technologies de contrôle des drogues au point de service par rapport au résultat de confirmation. Les données de vérification des drogues à l’aide de bandelettes de tests de fentanyl et de benzodiazépine ainsi que de la spectroscopie FTIR ont été recueillies dans des sites de consommation supervisés d’octobre 2018 à janvier 2020. Un sous-ensemble de ces échantillons a subi des tests de confirmation dans le laboratoire du SAD de Santé Canada. Sur 159 échantillons avec des résultats au point de service et de confirmation, 24 (15,1 %) contenaient au moins une NPS benzodiazépine, y compris l’étézolam (n = 18), le flubromazolam (n = 3), le flualprazolam (4) et le flubromazépam (n = 1). Sur 114 échantillons de confirmation attendus par les participants sur l’auto-déclaration comme contenant des opioïdes, 18 (15,8 %) contenaient des NPS benzodiazépines, 16 (14,0 %) contenant à la fois une NPS benzodiazépine et un opioïde, toujours du fentanyl. Les taux de faux positifs et négatifs étaient de 15,5 % et 37,5 % pour les tests de bandelettes, et de 3,9 % et 91,7 % pour le FTIR, respectivement. Combinés, les taux de faux positifs et de faux négatifs des méthodes au point de service étaient de 17,8 % et 29,2 %. Les NPS benzodiazépines présentent de nouveaux risques qui aggravent les méfaits continus associés à l’épidémie d’opioïdes. Compte tenu des taux substantiels de faux positifs et de faux négatifs notés dans les échantillons de vérification de drogues des méthodes au point de service, l’association des besoins avec la vérification de confirmation des drogues peut aider à la détection précoce et éclairer les stratégies ciblées de réduction des méfaits. (Publié en juillet 2021; [10.1016/j.drugpo.2021.103169](https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2021.103169)) (CP: Richard Laing)

## **Une mise à jour de l’analyse pour déterminer à quel point les Canadiens dépassent les directives de consommation d’alcool à faible risque en tenant compte de la consommation d’alcool non-déclarée – NOUVEAU!**

La Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (DGSCC) a pour mandat de réduire ou de prévenir les méfaits associés à de nombreuses drogues et substances contrôlées au Canada. La recherche démontre que les gens sous-estiment (sous-déclaration) la quantité d’alcool qu’ils consomment lorsqu’ils répondent aux sondages. Les chercheurs le savent parce qu’ils comparent les réponses obtenues lors des sondages avec les données officielles sur les ventes d’alcool et constatent que les sondages sous-estiment de 40 % à 60 % la quantité d’alcool vendue. Par conséquent, les

responsables du projet ont cherché à corriger cette différence dans les sondages à l'échelle du pays. Le projet comprenait l'analyse de l'Enquête canadienne sur l'alcool et les drogues (ESCC) de 2019 avec des renseignements supplémentaires de l'Enquête de surveillance canadienne de la consommation d'alcool et de drogues (ESCCAD) de 2008–2010 et les données officielles sur les ventes provenant des données de Statistique Canada sur la consommation d'alcool per capita chez les 15 ans et plus, selon le type de boisson. L'étude a évalué la conformité aux Directives de consommation d'alcool à faible risque du Canada dans différents groupes (c.-à-d. âge, sexe et province) de buveurs après correction pour la consommation d'alcool non-déclarée. Des ajustements pour tenir compte de la sous-déclaration de l'alcool au Canada doivent être intégrés systématiquement à la surveillance de la santé publique afin d'atténuer la sous-estimation généralisée de la consommation d'alcool à risque. (CP : Tim Stockwell, Ph. D., Canadian Institute for Substance Use Research; Samantha Cukier, Ph. D. (DGSCC))

### **Analyse qualitative et quantitative automatisée d'échantillons de drogues illicites complexes à l'aide de la RMN 1H – NOUVEAU!**

Le laboratoire du Service d'analyse des drogues (SAD) de Santé Canada a pour mandat d'analyser des échantillons de drogues soupçonnées provenant d'organismes d'application de la loi et de partenaires en santé publique afin de déterminer s'ils contiennent ou non des substances désignées en vertu de la *Loi réglementant certaines drogues et autres substances*. Les progrès de l'instrumentation de résonance magnétique nucléaire (RMN) à haute résolution ont permis l'acquisition rapide et précise de données quantitatives de RMN 1H (qNMR), mais l'analyse d'échantillons de drogues illicites complexes en présence d'un chevauchement important des pics reste difficile. Par exemple, les échantillons contenant un opioïde tel que le fentanyl contiendront souvent des diluants tels que le mannitol et des adultérants tels que la caféine et des benzodiazépines puissantes. Cette limitation de l'analyse a entravé l'adoption de la RMN 1H dans des domaines tels que la médecine traditionnelle et l'application de la loi. L'algorithme NMRquant peut détecter et quantifier des composés d'intérêt dans des échantillons de drogues illicites mixtes, même lorsqu'il y a chevauchement entre les régions de déplacement chimique. Cet algorithme est robuste contre les variations de déplacement chimique résultant de la température, de la concentration et des interactions inter-analytes. Ces fonctionnalités souhaitables ont été intégrées dans un flux de travail automatisé, permettant une analyse de routine sans surveillance, par RMN-proton, d'échantillons de drogues illicites. Cela permet d'analyser et de quantifier des mélanges multicomposants contenant des substances contrôlées, des diluants et des adultérants en une seule analyse. (Publié le 05/03/2022; <https://doi.org/10.1002/mrc.5265>) (CP: Richard Laing)

### **Enquête canadienne sur l'alcool et les drogues – NOUVEAU!**

L'Enquête canadienne sur l'alcool et les drogues (ECAD) est une enquête réalisée au continu auprès de la population canadienne de 15 ans ou plus. L'ECAD fournit à Santé Canada, à ses partenaires et intervenants ainsi qu'au public canadien des données nationales fiables et à jour sur la prévalence de la consommation de drogues et les tendances d'utilisation chez des Canadiens d'âges divers (c.-à-d. les 15 à 19 ans, 20 à 24 ans, 25 ans ou plus). La compréhension des tendances canadiennes dans la consommation d'alcool et de drogues est essentielle à l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation



efficaces des stratégies, politiques et programmes nationaux et provinciaux. L'ECAD s'est développée à partir de l'Enquête canadienne sur le tabac, l'alcool et les drogues (ECTAD), menée tous les deux ans de 2013 à 2017, et de l'Enquête de surveillance canadienne de la consommation d'alcool et de drogues (ESCCAD), menée annuellement de 2008 à 2012. En 2017, la décision a été prise de séparer l'ECTAD en deux enquêtes : l'ACSA, axée sur la surveillance de l'alcool et des drogues, et l'Enquête canadienne sur le tabac et la nicotine (ACES), axée sur le tabagisme et le vapotage. L'ECTN est gérée par la Direction de la lutte contre le tabagisme. L'ECAD fournit les données nécessaires pour étayer la modification de la réglementation et des politiques et la mise en place de programmes. Le plus récent cycle de collecte de données de l'ECAD a eu lieu en 2019, et un rapport sommaire a été publié au cours de l'hiver 2021. Comme le volet des drogues et de l'alcool et celui du tabagisme et du vapotage ont été séparés dans des enquêtes distinctes, les sections de l'ECAD sur le cannabis, l'alcool et les produits pharmaceutiques psychoactifs sont beaucoup plus détaillées que dans les cycles antérieurs de l'ECTAD et de l'ESCCAD, ce qui donnera de meilleures estimations des comportements relatifs à la consommation de drogues et d'alcool. Le prochain cycle de collecte de données de l'ECAD débutera à l'automne 2022. (CP: Matthew Dann, Monica Emode)

### **Enquête canadienne sur la consommation d'alcool et de drogues dans les établissements d'enseignement postsecondaire – NOUVEAU !**

L'Enquête canadienne sur la consommation d'alcool et de drogues dans les établissements d'enseignement postsecondaire (ECCADEEP) est une enquête nationale en ligne qui recueille des renseignements détaillés sur les habitudes de consommation de substances chez les étudiants de niveau postsecondaire au Canada et sur les répercussions de la consommation de substances sur la vie des étudiants. Avant l'ECCADEEP, la stratégie de surveillance de la consommation de substances de Santé Canada n'examinait pas particulièrement les étudiants de niveau postsecondaire. Bien que des études antérieures aient été menées par des groupes autres que Santé Canada (par exemple, l'enquête sur les campus canadiens [Canadian Campus Survey, Adlaf et coll., 2004]), ces études se limitaient aux universités et n'incluaient pas les étudiants de niveau collégial. Par conséquent, les données limitées dont on disposait sur la consommation de substances chez les étudiants canadiens de niveau postsecondaire n'étaient ni actuelles ni représentatives au niveau national. Pour corriger ce manque de données, le Bureau de la recherche et de la surveillance des drogues a collaboré avec le réseau du Partenariat en éducation postsecondaire – Méfaits de l'alcool (PEP-MA) et d'autres partenaires (Universités Canada, Collèges et instituts Canada et l'Association des services aux étudiants des universités et collèges du Canada) pour mettre en place l'ECCADEEP. À titre d'outil, l'ECCADEEP fournit aux gouvernements et aux organisations non gouvernementales des renseignements précieux, comme la prévalence de la consommation de substances et d'autres indicateurs clés qui peuvent éclairer les politiques et les programmes qui traitent de la consommation de substances chez les étudiants de niveau postsecondaire. Santé Canada a testé l'ECCADEEP dans quatre établissements postsecondaires lors du premier cycle de l'enquête qui s'est déroulé d'avril à mai 2018. L'enquête a ensuite été déployée dans 41 établissements postsecondaires au Canada au cours de l'année scolaire 2019–2020. Les résultats du premier cycle ont été publiés en mai 2021. Le deuxième cycle de l'ECCADEEP est en cours. (CP: Anton Maslov, Jacqueline Burt)

### **Caractérisation des effets subjectifs, des effets notés par l'observateur et des effets physiologiques de l'hydromorphe comparés à ceux de l'héroïne dans une étude en laboratoire réalisée chez l'humain – NOUVEAU!**

Le mandat de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (CCSC) est de réduire ou de prévenir les méfaits associés à de nombreuses drogues et substances contrôlées au Canada. Cette étude a comparé les effets de plusieurs doses d'héroïne et d'hydromorphe, deux agonistes opioïdes, administrées selon deux voies chez l'humain. L'objectif était de guider l'élaboration d'études en laboratoire sur les effets des opioïdes chez l'humain et d'éclairer les essais subséquents de pharmacothérapie par injection d'un traitement assisté par hydromorphe. L'hydromorphe a produit des effets subjectifs et physiologiques semblables à ceux de l'héroïne, mais était plus puissante que l'héroïne. Les constatations actuelles appuient l'utilisation de l'hydromorphe comme modèle pour l'héroïne dans les études de laboratoire et de traitement clinique chez l'humain et aident à déterminer les ratios de conversion de dose d'hydromorphe appropriés pour produire des effets qualitativement semblables à ceux de l'héroïne. *Psychopharmacology* (2018) (CP: Bruna Brands)

### **Effet combiné de l'alcool et du cannabis sur la conduite simulée – NOUVEAU!**

L'alcool et le cannabis sont les drogues les plus souvent détectées chez les conducteurs gravement et mortellement blessés, et il faut comprendre leurs effets combinés sur la conduite. La présente étude a examiné les effets des combinaisons de cannabis fumé et d'alcool sur la performance en situation de conduite simulée, les effets subjectifs des drogues, les mesures cardiovasculaires et la perception autodéclarée de l'aptitude au volant. Des consommateurs de cannabis (qui fument 1 à 7 jours/semaine) âgés de 19 à 29 ans ont participé à quatre séances d'administration de substances au cours desquelles on a évalué la conduite simulée, les effets subjectifs, les mesures cardiovasculaires et les concentrations de THC et de métabolites dans le sang entier dans des groupes « alcool placebo et cannabis placebo », « alcool actif et cannabis placebo », « alcool placebo et cannabis actif », et « alcool actif et cannabis actif ». Les combinaisons d'alcool et de cannabis augmentaient la conduite en zigzag et le temps de réaction et avaient tendance à produire des effets subjectifs plus importants que ceux des individus appartenant aux groupes recevant des placebos et une seule substance, ce qui suggère qu'il pourrait y avoir un effet additif. Un questionnaire sur l'aptitude au volant a montré que les participants ne semblaient pas conscients de leur niveau de déficience. Le fait que les participants ignoraient cet effet accru a des répercussions importantes sur la sécurité routière. *Psychopharmacology* (2021) (CP: Bruna Brands)

### **Conduite sous l'influence d'opioïdes d'ordonnance : Prévalence autodéclarée et association avec le risque de collision dans une grande province canadienne – NOUVEAU!**

Les collisions impliquant des véhicules automobiles contribuent grandement à la morbidité et à la mortalité liées à la consommation d'opioïdes d'ordonnance. La présente étude avait pour but d'estimer la prévalence de la conduite sous l'influence d'opioïdes d'ordonnance (CSIOO) en Ontario, au Canada, et de mesurer le lien entre ce comportement et le risque de collision automobile. Les données sont fondées sur des entrevues téléphoniques réalisées auprès de 7 857 répondants qui ont déclaré



avoir conduit au cours de la dernière année. Les données ont été tirées des cycles 2011–2016 du Monitor (une enquête représentative transversale réalisée au continu auprès d’adultes de 18 ans ou plus) du Centre de toxicomanie et de santé mentale (CTSM). En tenant compte des caractéristiques démographiques, de l’exposition à la conduite et d’autres facteurs de risque, la CSIOO autodéclarée augmentait considérablement les risques de collision. À la lumière de ces constatations, la CSIOO est un problème important pour la sécurité routière. Les stratégies de santé publique devraient accorder la priorité aux recherches axées sur une meilleure compréhension de l’incidence des opioïdes d’ordonnance sur le comportement des conducteurs, la réduction de la prévalence de la CSIOO et l’amélioration des politiques et des interventions en matière de conduite avec facultés affaiblies par la drogue. *Accident; Analysis and Prevention* (2018) (CP : Bruna Brands)

### **Premières conclusions des projets pilotes pour un approvisionnement plus sécuritaire – NOUVEAU!**

Le mandat de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (CCSC) est de réduire ou de prévenir les méfaits associés à de nombreuses drogues et substances contrôlées au Canada. Comme la crise des surdoses s’est aggravée pendant la pandémie de COVID-19, les experts en soins de santé et les personnes qui consomment des drogues ont demandé à avoir un meilleur accès à un approvisionnement plus sécuritaire en médicaments sur ordonnance comme solution de rechange aux drogues illégales toxiques. En 2020, le Programme sur l’usage et les dépendances aux substances de Santé Canada a financé dix projets pilotes d’approvisionnement plus sécuritaire d’une durée limitée dans trois provinces (Colombie-Britannique, Ontario et Nouveau-Brunswick). Santé Canada a ensuite établi un contrat pour une évaluation qualitative de ces projets qui s’est étendue sur quatre mois, de décembre 2020 à mars 2021, pour recueillir les premiers enseignements, y compris des stratégies efficaces de mise en œuvre des programmes. Le rapport a été publié en mars 2022. Parmi les principales constatations, mentionnons l’amélioration de la santé, du bien-être et de la qualité de vie, la diminution du risque de surdose et la diminution de la consommation de drogues de la rue.

### **Effets de la combinaison d’alcool et de cannabis sur la conduite, l’alcoolémie, les taux sanguins de THC, les effets cognitifs et subjectifs : Un examen narratif A narrative review – NOUVEAU!**

L’alcool et le cannabis sont les deux substances intoxicantes les plus souvent détectées chez les conducteurs mortellement blessés. Des études épidémiologiques ont démontré que la consommation d’alcool ou de cannabis peut entraîner un risque accru de collision automobile. La réduction des risques associés à la conduite sous l’influence de l’alcool ou du cannabis passe en partie par la détection en bord de route des concentrations d’alcool dans l’haleine ou des taux sanguins de delta-9-tétrahydrocannabinol (THC). Le présent examen vise à compiler les études en laboratoire sur les effets combinés de l’alcool et du cannabis en situation de conduite simulée ainsi que les études qui évaluent les mélanges de ces substances sur la concentration d’alcool dans l’haleine ou le THC sanguin. Étant donné qu’un certain nombre de processus cognitifs peuvent influencer la conduite, l’examen porte sur la documentation qui traite des effets cognitifs des mélanges d’alcool et de cannabis, avec une

discussion sur l'effet additif potentiel qu'ils peuvent avoir sur les qualités subjectives de ces substances. En résumé, il semble que l'alcool et le cannabis aient des effets additifs sur les aptitudes au volant, les effets cognitifs et subjectifs. *Experimental and Clinical Psychopharmacology* (2022) (CP : Bruna Brands)

### **Explorer l'utilisation d'opioïdes à libération prolongée à des intervalles raccourcis chez les personnes souffrant de douleur chronique et présentant une consommation à risque élevé de médicaments ou de substances – NOUVEAU !**

L'épidémie d'opioïdes qui sévit en Amérique du Nord a suscité une attention critique à l'égard de la prescription rationnelle d'opioïdes. Des opioïdes à libération prolongée sont prescrits aux personnes qui souffrent de douleur chronique dans le but de maintenir des concentrations stables et d'obtenir une posologie plus pratique; toutefois, on dispose de peu de données démontrant un soulagement de la douleur ou une amélioration fonctionnelle. On a observé que les opioïdes à libération prolongée sont utilisés à des intervalles plus courts que ceux recommandés par les monographies des produits. La nécessité de raccourcir les intervalles est liée, entre autres raisons, à une possibilité de variabilité pharmacocinétique entre les patients. Il n'existe pas d'étude systématique sur les répercussions du raccourcissement des intervalles pour les opioïdes à libération prolongée. L'objectif de cette étude était de caractériser l'utilisation de formulations d'opioïdes à libération prolongée à des intervalles raccourcis chez une population de patients souffrant de douleur chronique et présentant un risque élevé de subir les effets nocifs des opioïdes. Soixante et un pour cent des personnes consommant des opioïdes à libération prolongée les utilisaient à intervalles raccourcis. L'utilisation d'opioïdes à libération prolongée à des intervalles raccourcis a été associée à une dose quotidienne plus élevée en équivalent de morphine, à l'utilisation de produits à libération prolongée d'oxycodone, à une plus longue durée de traitement aux opioïdes et à un diagnostic de douleur neuropathique chronique, sans qu'il y ait de différence dans l'intensité de la douleur signalée par rapport à une utilisation à des intervalles réguliers. Ainsi, l'utilisation d'opioïdes à libération prolongée à intervalles raccourcis est associée à un risque accru de mortalité liée aux opioïdes. Il est peu probable que la proportion élevée de consommateurs d'opioïdes à libération prolongée qui les utilisent à des intervalles raccourcis soit simplement le résultat de différences entre le métabolisme des patients. *International Journal of Clinical Pharmacy* (2020) (CP : Bruna Brands)

### **Mise en place d'un système d'avis identifiant les substances psychoactives nouvelles et potentiellement dangereuses – NOUVEAU!**

Des données canadiennes récentes ont montré une augmentation rapide des décès liés à la consommation de substances après le début de la pandémie de COVID-19. Les perturbations du marché local de la drogue jouent un rôle dans cette crise en cours. Bien que le mandat principal du Service d'analyse des drogues (SAD) soit d'analyser les drogues saisies par les agents d'application de la loi, il s'engage également à partager l'information avec des partenaires afin de fournir les dernières informations sur les substances potentiellement dangereuses disponibles au Canada en fonction des données de laboratoire sur les saisies de drogues. Pour améliorer les communications et les délais, le SAD a entrepris l'automatisation des avis de substances potentiellement dangereuses en quatre étapes. Premièrement, des définitions opérationnelles des termes nouvelle substance potentiellement



dangereuse ont été définies, nouveau mélange, nouvelle forme (étampe, forme, couleur, substance poudreuse ou comprimés) dans un lieu géographique. Deuxièmement, un programme produisant une liste quotidienne des avis de substances potentiellement dangereuses a été créé. Troisièmement, une procédure pour filtrer ces avis de substances potentiellement dangereuses qui inclut des considérations telles que si une drogue ou un mélange a déjà été vu avec un adjuvant différent a été élaborée. Finalement, la procédure a été pilotée dans trois laboratoires à travers le pays. Par conséquent, le partage des avis de substances potentiellement dangereuses se fait en deux volets: (1) directement aux autorités sanitaires et aux partenaires chargés de l'application de la loi et (2) éventuellement en ligne à l'aide de cartes et de tableaux de bord interactifs. En conclusion, le développement et la mise en œuvre complète du système se sont déroulés sur une période de deux ans. Il produit un résultat plus exhaustif et devrait réduire la charge de travail du personnel de laboratoire. Le SAD est financé dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les drogues et autres substances (SCDAS) en appui à la priorité ministérielle sur les substances contrôlées. (CP : Marie-Line Gilbert)

### **Différences individuelles dans le risque de surconsommation d'opioïdes autodéclarée selon les observations d'une étude en laboratoire réalisée chez l'humain – NOUVEAU!**

Les opioïdes présentent un risque de surconsommation élevé et constituent une préoccupation majeure en matière de santé publique. Pourtant, un pourcentage élevé de personnes exposées aux opioïdes ne développe pas de consommation problématique. Les différences individuelles dans le risque de surconsommation d'opioïdes ne sont pas bien comprises. Cette étude a évalué les différences qui existent entre les réactions de participants consommateurs d'opioïdes, mais non physiquement dépendants, à qui l'on administre de l'héroïne et de l'hydromorphone par voie intraveineuse et sous-cutanée. L'inspection visuelle révèle tout un éventail de réponses variées chez les participants, certains manifestant des réactions classiques dose-effet, tandis que d'autres n'affichaient aucune différence, qu'ils aient reçu la dose active ou le placebo. Les données indiquent que le risque de surconsommation d'opioïdes diffère considérablement d'une personne à l'autre, mais que l'expérience vécue par une personne est très constante. Des recherches visant à caractériser et à évaluer de façon prospective les mécanismes qui sous-tendent ces différences sont justifiées et peuvent fournir une base permettant d'identifier les personnes à risque accru de passer de l'exposition aux opioïdes à une consommation abusive ou à un trouble lié à la consommation d'opioïdes. *Drug and Alcohol Dependence* (2019) (CP : Bruna Brands)

### **Évaluation pharmacologique *in vitro* de l'effet de nouveaux hallucinogènes aux récepteurs 5-HT<sub>2A</sub> et 5-HT<sub>2B</sub> – NOUVEAU!**

Il y a un intérêt croissant aux bienfaits potentiels de substances psychédéliques pour le traitement de conditions psychiatriques ou pour utilisation récréative. Ceci a encouragé la recherche sur les effets des hallucinogènes, leur pharmacologie, leurs utilisations cliniques potentielles et leurs méfaits. De nombreux hallucinogènes sont présents à l'état naturel (par exemple, la psilocybine et la psilocine provenant de champignons) ou sont des dérivés de substances naturelles (par exemple, le diéthylamide de l'acide lysergique [LSD]). Certains sont actuellement contrôlés en vertu de l'annexe III de la Loi

réglementant certaines drogues et autres substances (LRCDAS). Ces substances agissent sur des récepteurs de la sérotonine dans le cerveau (5-HT<sub>2A</sub> et 5-HT<sub>2B</sub>), dont les données suggèrent qu'ils sont responsables des effets hallucinogènes. De nombreux nouveaux dérivés synthétiques de ces composés sont désormais disponibles sur les marchés illicites et semi-clandestins. Cependant, notre compréhension de ceux-ci reste assez limitée. Le Bureau de la politique et de la science en matière de drogues (BPSD) de la Direction des substances contrôlées est chargé de fournir le statut des substances au public et de faire des recommandations pour l'inscription aux annexes de la LRCDAS. L'objectif principal de ce projet est de déterminer l'affinité et l'efficacité de composés hallucinogènes putatifs sur les récepteurs 5-HT<sub>2A/B</sub> humains à l'aide d'essais *in vitro*. La liaison du radioligand est utilisée pour mesurer la l'affinité du composé test aux récepteurs. Pour l'efficacité, deux voies de signalisation sont comparées : l'activation de la protéine G et le recrutement de la  $\beta$ -arrestine-2. Les résultats informeront les activités d'inscription aux annexes de la LRCDAS et les activités de détermination du statut par le BPSD, qui sont d'importantes mesures de réglementation et de contrôle pour la sécurité et le bien-être des Canadiens. (CP : Nemanja Mladjenovic)

### **Évaluation pharmacologique *in vitro* de l'effet de nouveaux opioïdes au récepteur hMOR1 – NOUVEAU!**

Le mandat de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (CCSC) est de réduire ou de prévenir les méfaits associés à de nombreuses drogues et substances contrôlées au Canada. Le marché drogues illicites, synthétiques ou non, est de plus en plus contaminé par des opioïdes puissants. Initialement, ces drogues comprenaient le fentanyl et ses analogues. Plus récemment, de nouveaux opioïdes synthétiques ont fait leur apparition. Leurs effets physiologiques psychoactifs, analgésiques et nocifs résultent de leur activité sur le récepteur opioïde mu (MOR). Certains de ces nouveaux opioïdes ont été principalement développés en tant qu'analgésiques, mais abandonnés en raison d'effets secondaires graves. La Loi réglementant certaines drogues et autres substances (LRCDAS) limite la possession, la production et la vente d'opioïdes nocifs. Le Bureau de la politique et de la science en matière de drogues (ODPS) de la Direction des substances contrôlées est chargé de fournir le statut des substances au public et de faire des recommandations pour l'inscription aux annexes de la LRCDAS. Il y a peu de données sur les effets et les méfaits des nouveaux opioïdes synthétiques. Donc, l'objectif principal de ce projet est de déterminer l'efficacité des opioïdes putatifs au MOR humain (hMOR1) en utilisant des tests *in vitro* pour l'activation de la protéine G et le recrutement de la  $\beta$ -arrestine-2 sous différentes conditions expérimentales. Des analyses bioinformatiques utilisant des profils de signalisation ont été validées pour prédire les risques d'hypoventilation, de dépression respiratoire et de somnolence pour les nouveaux opioïdes. Les résultats informeront les activités de la réglementation et aideront à identifier rapidement les substances nocives susceptibles d'apparaître dans le marché des drogues illicites. (CP : Frederic Langlois)



## **Validation d'une méthode permettant d'analyser 18 drogues préoccupantes et métabolites dans les eaux usées**

Health Canada has a mandate to reduce the harms to Canadians associated with the use of opioids and other psychoactive substances. L'étude épidémiologique des drogues préoccupantes et de leurs métabolites par l'analyse des eaux usées est un domaine en plein essor qui permet d'établir les tendances temporelles et géographiques de la consommation de diverses drogues. Nous avons validé une méthode permettant de mesurer les concentrations de diverses drogues dans les eaux usées en collaboration avec Statistique Canada dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les eaux usées. Nous avons mis au point une méthode d'analyse permettant de mesurer les concentrations des 18 drogues préoccupantes et métabolites suivants dans les eaux usées : amphétamine, benzoylecgonine, cocaïne, codéine, fentanyl, héroïne, 6-monoacétylmorphine (6-MAM), MDMA, méthadone, méthamphétamine, morphine, 11-Nor-9-carboxyl-D9-tétrahydrocannabinol (THC-COOH), norfentanyl, naloxone, acétaminophène et acésulfame. La limite de détection de la méthode était comprise entre 0,2 ng/l et 16 ng/l, et sa limite de quantification était comprise entre 0,9 ng/l et 53,3 ng/l. L'évaluation de l'exactitude et de la précision de la méthode a révélé un pourcentage de récupération compris entre 80 % et 115 % et un écart-type relatif compris entre 3 % et 25 % aux trois concentrations expérimentales. Cette méthode validée sera utilisée pour déterminer les niveaux de médicaments préoccupants provenant de diverses usines de traitement des eaux usées dans cinq villes canadiennes. (CP : Keri Kwong)

## **Surveillance des méfaits liés à la consommation de substances – NOUVEAU!**

Le mandat de la Direction générale des substances contrôlées et du cannabis (CCSC) est de réduire ou de prévenir les méfaits associés à de nombreuses drogues et substances contrôlées au Canada. Les méfaits liés à la consommation de substances au Canada peuvent être surveillés à l'aide des données sur les hospitalisations saisies dans la Base de données sur les congés des patients (BDGP), tenue à jour par l'Institut canadien d'information sur la santé (ICIS). Santé Canada utilise les données de la BDGP de l'ICIS afin de surveiller les hospitalisations pour empoisonnements aux opioïdes et aux stimulants et afin de produire des rapports dans le cadre de la mise à jour trimestrielle sur les méfaits liés aux opioïdes et aux stimulants au Canada présentée par le Comité consultatif spécial sur l'épidémie de surdoses d'opioïdes. Les données de la BDGP serviront également à décrire les méfaits plus larges liés à toutes les substances (y compris l'alcool, les cannabinoïdes et les benzodiazépines). Les résultats serviront à appuyer les initiatives stratégiques et réglementaires. Les résultats de ces analyses seront également utilisés dans l'élaboration d'un Système canadien d'alerte rapide, car ils fourniront de l'information sur les méfaits liés à la consommation de substances. CP : Daniela Panait)

## **Différences entre les sexes des effets pharmacologiques aigus et subjectifs du cannabis fumé combiné à l'alcool chez les jeunes adultes – NOUVEAU!**

La prévalence de la polyconsommation d'alcool et de cannabis augmente, particulièrement chez les jeunes adultes. Les différences entre les sexes des effets de l'alcool et du cannabis consommés individuellement ont été observées chez les animaux et les humains. Toutefois, les différences entre les sexes des effets pharmacologiques aigus du cannabis combiné à l'alcool n'ont pas encore été

étudiées. Chez les jeunes adultes âgés de 19 à 29 ans, nous avons cherché à examiner les différences entre les sexes des effets d'une dose intoxicante d'alcool (concentration cible de 0,08 % d'alcool dans l'halein) combinée à une dose modérée de cannabis (12,5 % de delta-9-tétrahydrocannabinol; THC) en permettant aux participants de consommer du cannabis à souhait. 28 regular cannabis users (16 males; 12 females) received in random order: Vingt-huit (28) consommateurs réguliers de cannabis (16 hommes; 12 femmes) ont reçu de façon aléatoire : a) alcool placebo et cannabis placebo, b) alcool actif et cannabis placebo, c) alcool placebo et cannabis actif et d) alcool actif et cannabis actif. Des échantillons de sang ont été prélevés pour mesurer le THC et les signes vitaux; les effets subjectifs des substances et les fonctions cognitives ont également été mesurés. Dans le groupe du mélange alcool-cannabis, les femmes fumaient beaucoup moins de cigarettes de cannabis que les hommes, bien que les deux sexes aient fumé des quantités semblables dans les autres groupes. Peu de données montraient que les concentrations sanguines de THC, les signes vitaux, les effets subjectifs ou les mesures cognitives différaient entre les femmes et les hommes. En conclusion, dans le groupe du mélange alcool-cannabis, les femmes ont ressenti les mêmes effets pharmacologiques aigus et subjectifs de l'alcool et du cannabis que les hommes, après avoir fumé moins de cannabis, ce qui pourrait avoir des répercussions sur l'éducation et les politiques. D'autres recherches sont nécessaires pour examiner les différences entre les sexes dans la pharmacologie du cannabis, ainsi que les effets combinés de l'alcool et du cannabis. *Psychology of Addictive Behaviors* (2021) (CP : Bruna Brands)

### **Analyse de séries chronologiques de la concentration de fentanyl dans l'approvisionnement non réglementé de drogues opioïdes dans un contexte canadien – NOUVEAU!**

L'Amérique du Nord est aux prises avec un approvisionnement en drogue de rue non réglementé dans lequel les opioïdes sont souvent adultérés avec du fentanyl fabriqué illégalement. L'imprévisibilité de la composition peut entraîner un risque accru de surdosage en raison de concentrations élevées inattendues d'une drogue très puissante. À l'aide des données d'un projet communautaire de vérification des drogues, les tendances de la concentration de fentanyl des opioïdes illicites dans le contexte d'une épidémie de surdose ont été évaluées. À l'aide d'un modèle de quantification du chlorhydrate de fentanyl, les anciens spectres infrarouges à transformée de Fourier d'échantillons de contrôle de drogues opioïdes ont été analysés pour déterminer les concentrations de fentanyl. Les concentrations mensuelles médianes de fentanyl ont été tracées et des analyses de séries chronologiques polynomiales et autorégressives ont été effectuées pour examiner les tendances au fil du temps. Au total, 3 621 échantillons positifs au fentanyl ont été inclus dans l'étude, couvrant la période de novembre 2017 à décembre 2019. Les concentrations médianes mensuelles de fentanyl variaient de 4,5 % à 10,4 %. Les analyses de séries chronologiques ont indiqué qu'un modèle polynomial du troisième degré correspondait bien aux données ( $R^2 = 0,639$ ), suggérant un schéma cyclique de la concentration médiane au fil du temps. Notamment, la variance absolue de la concentration de fentanyl a diminué en moyenne de 0,1 % par mois ( $P < 0,001$ ). Les recherches futures devraient explorer la relation entre la concentration de fentanyl et la surdose afin d'identifier les interventions ciblées potentielles de réduction des méfaits qui peuvent répondre aux changements de la concentration de fentanyl observée. (Publié le 2022-01-24; <https://doi.org/10.1093/aje/kwab129>) (CP : Richard Laing)



## ALIMENTS ET NUTRITION

### **Méthode d'analyse de dosage de la vitamine K (K1 et K2 sous-type MK4) dans les aliments vendus au détail à l'appui du Fichier canadien sur les éléments nutritifs**

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

### **Remplacement d'un produit chimique toxique essentiel utilisé pour l'analyse des acides aminés dans les aliments vendus au détail à l'appui du Fichier canadien sur les éléments nutritifs – NOUVEAU!**

Le Fichier canadien sur les éléments nutritifs (FCEN) est une base de données complète sur la composition des aliments qui permet de déclarer les quantités de nutriments dans les aliments couramment consommés au Canada, y compris les acides aminés. Les acides aminés sont des molécules biologiquement importantes ayant diverses fonctions physiques. Ils sont nécessaires aux processus vitaux de l'organisme, comme la construction des protéines, des hormones et des neurotransmetteurs. Les acides aminés se trouvent dans les aliments riches en protéines, notamment la viande, le poisson et le soja. Le laboratoire des aliments de la DGORAL analyse un total de 18 acides aminés à partir d'une grande variété d'échantillons alimentaires en utilisant deux méthodes d'extraction

distinctes avec détection par chromatographie liquide et spectrométrie de masse en tandem (CL-SM/SM) à l'état de traces. Les limites de détection typiques sont de 3 ng/mL à 20 ng/mL, selon l'acide aminé. L'analyse des acides aminés est très difficile en raison de leurs propriétés chimiques individuelles. Les méthodes CL-SM/SM utilisent l'acide perfluorooctanoïque (APFO) comme agent d'appariement des ions dans la phase mobile. Ce type de produit chimique permet d'améliorer la capacité à détecter des acides aminés spécifiques à l'aide de la CL-SM/SM à de faibles niveaux. Cependant, l'APFO est une substance toxique figurant à l'annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)] et présente des risques pour la santé et l'environnement. Dans le but d'améliorer continuellement les méthodes et de les rendre plus durables sur le plan environnemental, des efforts importants ont été déployés pour remplacer ce produit chimique sans compromettre les résultats. Au lieu de simplement échanger l'APFO avec un autre produit chimique similaire, il a fallu concevoir des méthodes CL-SM/SM entièrement nouvelles. Ainsi, ce produit chimique toxique a été remplacé par des produits chimiques plus respectueux de l'environnement, sans nuire à l'analyse des 18 acides aminés. Pour plus de détails sur le Fichier canadien sur les éléments nutritifs, veuillez cliquer sur ce lien : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/saine-alimentation/donnees-nutritionnelles/fichier-canadien-elements-nutritifs-propos-nous.html> (CP: Marija Cosic)



# EFFETS DES SUBSTANCES CHIMIQUES SUR LA SANTÉ

## **Un essai rapide de l'activité de la peroxydase thyroïdienne humaine – NOUVEAU!**

Le mandat de Santé Canada exige l'examen et l'évaluation des risques potentiels pour la santé dus à l'utilisation commerciale de produits chimiques au Canada afin de gérer et d'atténuer ces risques. Pour de nombreux produits chimiques commercialisés, on manque de données sur la toxicité potentielle pour les parties vulnérables du système endocrinien. La perturbation de la synthèse des hormones thyroïdiennes est reconnue comme un mécanisme clé par lequel certaines substances chimiques perturbatrices du système endocrinien peuvent causer des troubles du développement cérébral et d'autres effets indésirables. L'étude actuelle a modifié une méthode rapide de dépistage des produits chimiques pour l'inhibition d'une enzyme extrêmement vulnérable (la peroxydase thyroïdienne – TPO) nécessaire à la production d'hormones thyroïdiennes, afin de rendre ce test plus pertinent pour la caractérisation des risques pour l'homme et moins dépendant de l'utilisation d'animaux de laboratoire. L'activité de la TPO humaine (TPOh) – produite à partir de l'une ou l'autre de deux lignées cellulaires transgéniques exprimant des taux élevés de TPOh – a été comparée à l'activité de la TPO produite à partir de glandes thyroïdiennes de rats relativement à sa capacité à identifier l'activité inhibitrice de la TPO parmi un groupe de produits chimiques dont l'effet est connu. La TPO humaine s'est avérée aussi efficace que l'enzyme de rat pour identifier les produits chimiques ayant une activité modérée à élevée. Les produits chimiques ayant une faible activité sur la TPO de rat ont été identifiés moins efficacement avec la TPOh de l'une ou l'autre lignée cellulaire. Ces résultats démontrent que la TPOh provenant de cellules transgéniques peut être utilisée pour un test rapide afin d'identifier de façon fiable les produits chimiques inhibiteurs de la TPO. Ces résultats seront inclus dans la contribution de Santé Canada aux efforts internationaux déployés au sein de l'Organisation de coopération et de développement économiques pour élaborer des méthodes d'essai permettant de dépister et de tester les produits chimiques quant à leur activité de perturbation endocrinienne. (CP : Mike Wade)

## **Une stratégie de tests intégrée pour évaluer les mutations de cellules somatiques et germinales au moyen de la ligne directrice TG 488 de l'OCDE pour le test de rongeurs transgéniques et du modèle MutaMouse**

Santé Canada contribue à l'élaboration et à la normalisation des lignes directrices en matière d'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 488 (essais de mutations chez les rongeurs transgéniques), qui vise à évaluer l'induction de mutations génétiques (modification de la séquence de l'ADN) dans

les cellules germinales (sperme 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 deuxième groupe d'animaux lors d'essais sur les cellules germinales en raison de la durée de la spermatogenèse (processus de production des spermatozoïdes). Les travaux réalisés 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° 488 pour l'essai recommandé de mutagénicité sur les cellules germinales. Ces travaux portent à croire qu'il est possible de sélectionner un moment précis, ou point temporel, unique pour analyser les mutations dans les cellules somatiques et germinales des mêmes animaux avec une sensibilité comparable. Cependant, d'autres données sont nécessaires pour démontrer l'incidence du point temporel spécifique aux cellules germinales pour la détection des mutations dans les tissus somatiques. De nouveaux travaux ont permis d'obtenir des données démontrant l'adéquation de ce point temporel unique pour les essais de mutagénicité dans les tissus somatiques. Cette stratégie permettra de réduire considérablement le nombre d'animaux nécessaires pour réaliser les essais. (CP : Francesco Marchetti)

### **Un processus décisionnel *in silico* pour déceler la présence de substances chimiques indicatrices de neurotoxicité pour le développement – NOUVEAU!**

La neurotoxicité développementale (NTD) est l'un des nombreux paramètres toxicologiques importants à évaluer dans le cadre des évaluations des risques pour la santé humaine prévues dans le Plan de gestion des produits chimiques. Le système nerveux en développement étant très vulnérable, il est impératif de prévenir l'exposition, pendant les périodes critiques du développement, aux substances chimiques susceptibles de provoquer une neurotoxicité développementale. C'est donc l'occasion de répondre à un besoin essentiel en utilisant des approches informatiques pour améliorer la capacité de dépistage et d'identification des substances chimiques potentiellement préoccupantes. Des efforts internationaux visant à évaluer les substances chimiques pour leurs effets sur les NTD sont en cours. Dans cette étude, un processus décisionnel reposant sur des méthodes *in silico* est proposé. Les modèles *in silico* existants fourniront des renseignements sur les propriétés physicochimiques (poids moléculaire, accepteur/donneur de liaison hydrogène), les coefficients de partage pour évaluer la perméabilité (barrière hémato-encéphalique, Log K<sub>ow</sub>, barrière placentaire), les événements initiateurs moléculaires (MIE tels que AChEI, PgP, ER, TR) et les effets indésirables (AC50 du poisson zèbre, neurotoxicité). Des modèles pharmacocinétiques à base physiologique (PBPK) pour les mères enceintes seront explorés afin de déterminer le transfert placentaire des substances chimiques au fœtus. En plus des paramètres modélisés en interne, ceux générés par notre collaborateur international seront également incorporés. Le processus décisionnel proposé sera utilisé pour classer les substances chimiques en actifs/inactifs NTD perméables et actifs/inactifs NTD imperméables. Le flux de travail sera validé en utilisant un ensemble connu de substances chimiques NTD actives et inactives. Après validation, l'inventaire chimique de la LIS sera passé au crible à l'aide du flux de travail



et les résultats seront analysés en détail. Une analyse comparative des résultats obtenus à l'aide de ce processus décisionnel avec ceux générés par des processus mis au point indépendamment par notre collaborateur sera effectuée afin d'évaluer plus précisément la performance et la précision de l'approche pour identifier avec précision les substances chimiques ayant le potentiel d'induire une NTD. (CP : Sunil Kulkarni, Shamika Wickramasuriya, Emilio Benfenati [Institut Mario Negri, Milan, Italie])

### **Intégration avancée de la multiomique pour l'évaluation des risques liés aux produits contenant des agents microbiens – NOUVEAU!**

Les produits à base d'agents microbiens (MBP) sont des produits biotechnologiques qui contiennent des mélanges microbiens comme ingrédients actifs; ils sont utilisés pour une variété d'applications durables sur le plan environnemental. L'actuel *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (organismes)* exige que chaque composant des mélanges microbiens soit testé. Par l'entremise du programme Solutions innovatrices Canada (SIC), Santé Canada a invité le secteur privé à innover et à créer des solutions rentables, robustes et fiables pour résoudre ce problème. Dans le cadre du défi de la phase 1, Microbiome Insights (MI) a mis au point une validation de principe (PoC) qui répond partiellement à trois objectifs : (1) identification et description précises des micro-organismes dans les mélanges; (2) caractérisation de la dynamique des populations microbiennes et (3) interactions susceptibles d'atténuer ou d'augmenter les effets indésirables (par exemple, la pathogénicité). Tout d'abord, la métagénomique a été utilisée pour caractériser la composition taxonomique et le potentiel fonctionnel de quatre MBP commerciaux, y compris les gènes en cause dans plusieurs mécanismes de résistance aux antimicrobiens et de virulence. MI a également mis au point un « passeport de souche », soit une base de données relationnelles pour intégrer les données sur les caractéristiques génomiques clés de chaque espèce et la littérature connexe tirée des dépôts publics et des brevets. Afin d'examiner la dynamique des populations et les interactions qui peuvent influencer sur la pathogénicité, MI a mesuré les changements de l'expression génique dans les communautés microbiennes assemblées en laboratoire en fonction de stress environnementaux à court terme et a modélisé la dynamique de la co-expression génique. En s'appuyant sur cette validation de principe, MI élabore actuellement un prototype visant les objectifs suivants : i) faciliter l'analyse reproductible des ensembles de données « omiques »; ii) améliorer la récupération du génome des PBM; iii) mieux comprendre la pertinence sur le plan pathogénique des interactions entre les microorganismes dans les PBM par le biais de la métatranscriptomique; iv) améliorer la capacité du « passeport de souche » à soutenir le profilage in silico du danger présenté par les microorganismes. L'objectif de la phase 2 est de valider le prototype à l'aide de la métabolomique, d'organoïdes 3D et d'essais in vivo sur des animaux, ce qui permettra de mettre au point de nouvelles méthodes et stratégies d'essai adaptées, moins dépendantes des essais sur les animaux, réduisant ainsi le coût associé aux essais de pathogénicité et de toxicité pour les petites et moyennes entreprises de biotechnologie. (CP : Valar Anoop)

## **Analyse des données de biosurveillance humaine tirées de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé à l'aide des valeurs guides de biosurveillance – NOUVEAU!**

L'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) recueille des données de biosurveillance représentatives à l'échelle nationale pour plusieurs produits chimiques environnementaux. Ce travail a permis d'évaluer les données de biosurveillance de 42 substances chimiques ou groupes de substances chimiques, notamment les métaux, les substances perfluoroalkylées (PFAS), les pesticides, les plastifiants et les composés organiques volatils, recueillies dans le cadre de l'ECMS dans un contexte de risque pour la santé en utilisant les valeurs guides de biosurveillance (VGB). L'évaluation a porté sur un certain nombre de substances chimiques mesurées dans les cycles 5 (2016 à 2017) et 6 (2018 à 2019) de l'ECMS et sur quelques substances chimiques mesurées dans des cycles antérieurs. Les données relatives à quatorze de ces produits chimiques ont été évaluées dans un contexte de risque pour la santé pour la première fois dans cette étude. Les évaluations de 28 autres produits chimiques étaient des mises à jour des évaluations antérieures de St-Amand et al. (2014) et Faure *et al.* (2020) utilisant des données de biosurveillance plus récentes ou des valeurs guides de biosurveillance récemment établies ou mises à jour. Les quotients de danger (QD) ont été calculés comme le rapport entre les concentrations moyennes (moyenne géométrique (MG) ou moyenne arithmétique (MA)) et les concentrations supérieures (95<sup>e</sup> percentile ou maximum) d'un produit chimique et une VGB. Les résultats ont montré que les QD sont restés inférieurs à un pour un certain nombre de produits chimiques, ce qui laisse entendre que l'exposition de la population ne dépasse pas les valeurs guides d'exposition existantes pour ces produits chimiques. Cependant, des dépassements de QD de un ont été notés pour d'autres produits chimiques tels que l'acrylamide, le cadmium et le benzène chez les fumeurs, et pour l'arsenic inorganique, l'acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA), les PFAS et les xylènes dans la population générale. Ces produits chimiques pourraient être prioritaires pour les futures activités de suivi, y compris la surveillance et la recherche. Les travaux en cours visent à réaliser une analyse limitée des dépassements dans les sous-populations raciales ainsi qu'une évaluation des changements temporels dans les QD au cours des cycles de l'ECMS en utilisant des données comparables provenant d'analyses précédentes. (CP : Subramanian Karthikeyan, Annie St-Amand)

## **Étude des effets de l'antidépresseur citalopram sur les embryons et les larves de la tête-de-boule (*Pimephales promelas*) – NOUVEAU!**

Les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) ont été identifiés comme prioritaires pour l'évaluation des risques environnementaux. Le citalopram (CIT) est l'un des médicaments antidépresseurs et anxiolytiques les plus couramment prescrits au Canada. On a mesuré dans les effluents d'eaux usées municipales du sud de l'Ontario des concentrations de CIT atteignant 0,203 µg/L, tandis que le produit pharmaceutique a été mesuré dans des rivières canadiennes à des concentrations comprises entre 0,0032 et 0,206 µg/L. La littérature contient peu de détails sur la façon dont le CIT influe sur le développement, la croissance et le comportement des larves de poissons. L'objectif de la présente étude était donc d'évaluer les effets du CIT sur le développement, la croissance et le comportement



des larves de tête-de-boule. Une exposition larvaire de 21 jours a été réalisée sur des embryons de tête-de-boule après éclosion à des concentrations pertinentes sur le plan environnemental (0,02 et 0,2 µg/L), ainsi que des concentrations plus élevées (2, 10 et 20 µg/L). Une légère augmentation du poids des larves à la plus faible concentration de CIT a été observée, tandis qu'une diminution de la longueur des larves a été constatée à la concentration maximale de CIT. De plus, une tendance à la diminution des mouvements embryonnaires a été observée avec l'augmentation de la concentration de CIT, avec une augmentation des mouvements embryonnaires uniquement à la concentration la plus élevée, ce qui pourrait s'expliquer par une neurodégénération potentielle. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des ISRS figurant dans la LRSC et serviront à explorer l'utilisation de l'évaluation des risques cumulatifs en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. (CP : Dianne Hughes, Jean Grundy, Erin Ussery)

### **Évaluation du devenir dans l'environnement des ISRS présents dans les milieux qui reçoivent des effluents d'eaux usées municipales – NOUVEAU!**

Les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) ont été identifiés comme prioritaires pour l'évaluation des risques environnementaux. Les ISRS sont largement prescrits pour traiter la dépression et les troubles anxieux chez les humains, et leur présence a été signalée dans les eaux usées municipales et les environnements récepteurs au Canada et ailleurs dans le monde. Six ISRS, soit la norfluoxétine, la paroxétine, la sertraline, le citalopram, la venlafaxine et la fluoxétine, ont été examinés dans cette étude. Des échantillons des effluents finaux de 11 systèmes de traitement des eaux usées (STEU) en Ontario ont été obtenus aux fins de l'analyse des ISRS. En raison de la présence du biote ciblé (poissons de petite taille et moules d'eau douce), des habitats fluviaux ont été échantillonnés immédiatement en amont et en aval de chacun des deux STEU du sud de l'Ontario, ainsi que dans des sites de référence en amont et en aval. Des dards verts (*Etheostoma blennioides*) ont été prélevés pour évaluer la concentration des ISRS ciblés. Nous avons également disséqué les tissus des poissons afin de déterminer les paramètres de leur état de santé (p. ex. coefficient de condition, indice gonadosomatique) et les indicateurs d'exposition aux contaminants, y compris le stress oxydatif. À chaque site de collecte de poissons, l'abondance, la richesse spécifique et la structure de la taille de la population de moules d'eau douce résidentes ont été évaluées. Les tissus ont été préservés pour l'analyse des ISRS et du stress oxydatif. Des échantillons d'eaux de surface et de sédiments ont également été prélevés à chacun des six sites d'étude du biote sauvage. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des ISRS figurant dans la LRSC et serviront à explorer l'utilisation de l'évaluation des risques cumulatifs en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. (CP : Dianne Hughes, Jane Pappas, Patty Gillis)

## **Évaluation du potentiel cancérigène des produits chimiques du PGP 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 développements économiques établit des normes pour l'industrie du monde entier afin d'identifier les produits chimiques toxiques. L'essai de transformation des cellules embryonnaires du hamster syrien (SHE-CTA) a été proposé pour détecter les produits chimiques induisant le cancer en endommageant l'ADN ainsi que par d'autres mécanismes plus difficiles à détecter. Le SHE-CTA expose les cellules normales en culture à des produits chimiques, avec l'intention d'identifier avec précision leur capacité à induire le cancer. L'Agence de la protection environnementale des États-Unis avait envisagé le SHE-CTA dans les stratégies d'essais chimiques, en partie parce que les cellules humaines ressemblent davantage aux cellules embryonnaires de hamster syrien à celles de rats ou de souris, qui sont utilisées dans d'autres CTA. La recherche de SC a consisté à développer le SHE-CTA en laboratoire pour : (1) acquérir une expertise dans la réalisation de cet essai en l'utilisant pour tester des produits chimiques prioritaires, (2) étudier les mécanismes de transformation cellulaire lors de l'exposition à différents types de cancérigènes, et (3) identifier les marqueurs moléculaires du développement du cancer, qui pourraient conduire à des améliorations de l'essai. D'après les résultats du projet, SC a cerné des préoccupations liées à la reproductibilité des données générées par l'ATS-SHE proposée. Néanmoins, SC a été en mesure d'établir avec succès la chronologie des changements de l'ADN en réponse aux expositions chimiques, en commençant par les cellules normales jusqu'au moment où elles deviennent des cellules cancéreuses potentielles. De plus, l'étude a permis d'identifier des changements précoces de l'ADN associés à des étapes critiques du développement du cancer qui étaient reproductibles dans des échantillons analysés par différents laboratoires. Les mesures de ces changements précoces de l'ADN peuvent maintenant être évaluées pour améliorer le SHE-CTA, ainsi que pour tester leur applicabilité dans un CTA plus pertinent en utilisant des cellules humaines. Enfin, les données in vitro de ce projet aideront SC à élaborer de nouvelles stratégies d'essais chimiques, à renforcer les prévisions des produits chimiques qui peuvent accroître le risque de développer des cancers et à fournir des solutions de rechange pour réduire la dépendance aux essais biologiques sur le cancer chez les rongeurs. (CP : Daniel Desaulniers)

## **Évaluation de la performance et de la prédictivité d'un test optimisé de neurotoxicité développementale in vitro à l'aide de neurotoxiques développementaux avérés et de témoins négatifs**

Health Canada is committed to the reduction of animal use in toxicity testing and to the development of alternative high-throughput in vitro New Approach Methods (NAMs). Un grand nombre d'essais de neurotoxicité développementale in vitro ont été proposés pour les tests de neurotoxicité développementale (TND). 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) provenant de cerveaux de chiots de rats représentent un modèle in vitro populaire utilisé pour étudier le neurodéveloppement et la neurotoxicité. Les CGC



sont faciles à cultiver et elles peuvent démontrent les processus de maturation et de différenciation des neurones qui sont observés in vivo. L'utilisation des gènes liés au neurodevelopment de CGC afin de surveiller la différenciation neuronale et la maturation et de dépister des produits chimiques pour la neurotoxicité développementale potentielle a été décrite dans la littérature. Cependant, Santé Canada n'a pas été en mesure de reproduire ces résultats, car les protocoles de mesure de l'expression génique étaient souvent mal conçus ou décrits, les contrôles de la qualité étaient rarement signalés et les CVC eux-mêmes présentaient une variabilité importante d'un lot à l'autre. Néanmoins, Santé Canada a été en mesure de surmonter ces obstacles pour développer un protocole TND in vitro robuste et fiable basé sur des CGC et des réactifs d'origine commerciale et un sous-ensemble optimisé de gènes de biomarqueurs neurodéveloppementaux présentant des modèles d'expression reproductibles dans plusieurs laboratoires. Les résultats préliminaires suggèrent que les neurotoxiques développementaux connus peuvent perturber l'expression du sous-ensemble optimisé de gènes de biomarqueurs impliqués dans les processus neuronaux de différenciation et de maturation. La description complète et transparente de ce nouveau test in vitro de TND de Santé Canada à l'aide de CGC bien caractérisés et de gènes de biomarqueurs neurodéveloppementaux facilitera les recherches futures et les comparaisons entre laboratoires. De plus, le développement et la validation de ce test basé sur la CCG peuvent contribuer à l'effort dirigé par l'OCDE vers la mise au point d'une batterie d'essais in vitro de TND pour soutenir le dépistage et la priorisation des neurotoxiques potentiels pour le développement. (CP : Guillaume Pelletier)

### **Étude de cas et atelier pour guider la sélection de modèles d'exposition appropriés pour l'évaluation des risques à l'aide de la plateforme EAS-E Suite – NOUVEAU!**

Les données sur le devenir et l'exposition aux substances chimiques sont des éléments nécessaires aux évaluations des risques menées par le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN). Malheureusement, les données de surveillance et de biosurveillance de haute qualité pour les nouveaux produits chimiques sont limitées, de sorte que l'application de modèles est couramment utilisée pour caractériser l'exposition. L'objectif principal de cette recherche était de comparer et d'évaluer divers modèles et outils que Santé Canada peut utiliser pour éclairer la prise de décision en matière d'évaluation des risques chimiques. Un ensemble de données sur les produits chimiques a été sélectionné pour effectuer les comparaisons de modèles. Les comparaisons de modèles ont pris en compte plusieurs paramètres, notamment les calculs des taux d'émission de produits chimiques, le mode de pénétration dans l'environnement, l'efficacité de l'élimination des produits chimiques dans les usines de traitement des eaux usées, le devenir et la distribution relatifs des produits chimiques dans l'air, l'eau, le sol et les sédiments, les concentrations environnementales prévues, la bioaccumulation et l'exposition des humains et des récepteurs écologiques. Les évaluations des modèles montrent clairement que les modèles de dilution ne peuvent pas rendre compte de l'exposition de l'ensemble du biote environnemental et que la prise en compte de l'ionisation chimique peut fournir des informations plus précises sur le devenir, la distribution et la bioaccumulation des produits chimiques. Ce rapport démontre que les modèles à «niveau supérieur» peuvent facilement être appliqués et améliorer l'évaluation des risques. La plateforme Exposure And Safety Estimation (EAS-E) Suite développée par ARC Arnot Research and Consulting (ARC) comprend des bases

de données d'informations chimiques, des relations quantitatives structure-activité (R[Q]SA) pour prédire les informations chimiques, et certains outils et modèles pertinents pour soutenir l'estimation des dangers, de l'exposition et des risques chimiques. EAS-E Suite quantifie les relations entre les volumes de production chimique, les propriétés de séparation, les taux de dégradation, le devenir et le transport dans les environnements naturels et manufacturés (c'est-à-dire à l'intérieur), les expositions humaines et écologiques, et le potentiel d'effets néfastes au niveau du dépistage. La suite EAS-E contient les informations chimiques requises pour utiliser de nombreux modèles d'exposition et de devenir dans l'environnement, ainsi que des modèles de bioaccumulation et de toxicocinétique à base physiologique (PBTK). Au cours de ce projet, des révisions ont été apportées aux modules de la suite EAS-E afin d'améliorer la convivialité et la clarté des résultats pour répondre aux besoins du BECSN lors de l'évaluation des nouvelles substances. En outre, deux cours de formation de quatre heures ont été organisés pour montrer l'utilité des modèles et des outils de la suite EAS-E afin de fournir des simulations plus réalistes par rapport à d'autres modèles déjà utilisés ou proposés pour l'évaluation des risques. (CP : Mark Lewis)

### **Caractérisation et essais toxicologiques de la nanocellulose et des nanoparticules d'oxyde de métal (PGPC) – NOUVEAU!**

Les nanomatériaux (NM) manufacturés sont largement utilisés dans les applications industrielles ainsi que dans les produits de consommation, ce qui suscite des préoccupations au sujet de l'exposition accrue et des risques connexes pour la santé humaine. Santé Canada est chargé d'évaluer les risques associés aux NM qui sont assujettis à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement(1999)* [LCPE]. Dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) du Canada, Santé Canada a mis en œuvre des stratégies concernant les NM qui figurent sur la Liste intérieure des substances (LIS) et a déterminé un certain nombre de NM prioritaires pour lesquels des données sur la caractérisation des propriétés physico-chimiques et la toxicité sont requises aux fins de l'évaluation réglementaire des risques pour la santé humaine. Pour répondre à ces besoins en matière de données, Santé Canada a collaboré avec l'équipe de nanométrie du Centre de recherche en métrologie du Conseil national de recherches Canada (CNRC). Cette collaboration avait lieu dans le cadre d'un projet visant à caractériser les propriétés physico-chimiques (p. ex. taille, forme, distribution granulométrique, surface, charge superficielle et chimie de surface) de nanoformes représentatives des NM prioritaires, dont le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>), l'oxyde de cuivre (CuO) et la nanocellulose. Ce projet a également permis d'étudier les effets toxicologiques potentiels du TiO<sub>2</sub> et des NM de l'oxyde de cuivre sur certaines cellules cultivées afin de déterminer leurs effets sur la viabilité des cellules, l'intégrité de la membrane et la capacité d'induire un stress cellulaire. Les données recueillies dans le cadre de ce projet serviront non seulement à orienter les décisions liées à la réglementation prises par Santé Canada au sujet des NM prioritaires qui figurent sur la LIS, mais également à mieux comprendre la relation entre le potentiel toxicologique des nanoformes représentatives et leurs propriétés physico-chimiques connues de façon à rendre possible une approche de lecture croisée pour l'évaluation des risques de ces NM prioritaires. (CP : Kathy Nguyen, Djordje Vladislavljevic)



## **Caractérisation des expositions résidentielles aux métaux et substances 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 près de 90 % de leur temps à l'intérieur, il y a une demande accrue d'information sur les expositions 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), pour 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 d'identifier 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. Cette recherche appuie les activités d'évaluation et de gestion des risques de Santé Canada, en mettant surtout l'accent sur l'atténuation des risques d'exposition à des substances chimiques, en milieu résidentiel, chez les enfants. (CP : Pat Rasmussen, Suzanne Beauchemin)

## **Caractérisation de la variabilité du rapport entre le mercure dans les cheveux et le mercure dans le sang dans la population générale du Canada – NOUVEAU!**

L'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) recueille des données de biosurveillance représentatives à l'échelle nationale pour plusieurs produits chimiques environnementaux, dont le mercure, un puissant neurotoxique. L'exposition au mercure chez les humains est généralement examinée en mesurant des biomarqueurs dans les cheveux ou dans le sang. Il est souvent nécessaire de convertir les niveaux des deux biomarqueurs, par exemple, le mercure dans les cheveux en niveaux équivalents dans le sang, pour calculer les estimations d'exposition nécessaires à l'évaluation

des risques. Un rapport par défaut cheveux/sang de 250:1, tel que recommandé par l'Organisation mondiale de la Santé, est couramment appliqué pour cette conversion, bien que le rapport réel puisse varier au sein d'une population et entre les populations. L'objectif de ce travail était de mieux caractériser le rapport cheveux:sang du mercure total (HgT) dans la population adulte canadienne générale en utilisant les données de l'ECMS, cycle 5 (2016-2017). Les travaux ont montré que le rapport HgT cheveux:sang était supérieur à 250 chez la plupart des participants de l'ECMS, et qu'il y avait une variabilité considérable entre les rapports. Lorsque la population canadienne était stratifiée en fonction de facteurs tels que l'âge, le sexe, le statut socioéconomique et le régime alimentaire, les ratios moyens des différentes sous-populations variaient de 181 à 382. Les variables alimentaires, et en particulier la consommation de poisson et de fruits de mer, semblent avoir une grande influence sur le rapport HgT dans les cheveux et dans le sang. Outre la caractérisation complète de la variabilité des rapports HgT cheveux/sang, les travaux ont également évalué les implications potentielles des variations des rapports pour toute réévaluation de la valeur indicative diététique existante (pTDI). (CP : Kavita Singh; Subramanian Karthikeyan, Annie St-Amand)

### **Expositions chimiques des pompiers municipaux : Analyse des données disponibles sur la biosurveillance humaine et les milieux professionnels – NOUVEAU!**

Par rapport à la population générale, les pompiers professionnels (PF) sont exposés à des risques élevés de maladies chroniques telles que le cancer et les maladies respiratoires. En réponse aux préoccupations concernant les risques cancérigènes posés par les PI (produits ignifugeants) et les surfactants (par exemple, les substances per- et polyfluoroalkyles ou PFAS), SC (Santé Canada) et ECCC (Environnement et Changement climatique Canada) ont mis en œuvre un plan d'action visant à aider à protéger les pompiers contre les produits chimiques nocifs. Le plan d'action comprend un projet de collecte, de résumé et d'analyse des données publiques relatives à l'exposition des pompiers à des produits chimiques tels que les PI, les PFAS, les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), les COV (composés organiques volatils) et les PCDD (dibenzodioxines polychlorées). Le projet comprend la comparaison des données publiées sur la biosurveillance des PF (c'est-à-dire les niveaux de substances chimiques et/ou de leurs métabolites dans le sang ou l'urine) avec les données disponibles sur la population générale provenant d'enquêtes de biosurveillance nationales et internationales (par exemple, l'Enquête canadienne sur les mesures de santé, l'Enquête nationale sur la santé et la nutrition des États-Unis). En outre, afin d'améliorer la compréhension des voies et des sources d'exposition aux produits chimiques, l'examen a permis de recueillir des données publiées concernant la présence et les concentrations des substances susmentionnées dans la poussière des casernes de pompiers, l'air sur les lieux de l'extinction des incendies, l'air dans les casernes de pompiers et/ou les cabines des camions, et sur les EPI (équipements de protection individuelle). Les analyses effectuées jusqu'à présent indiquent que, dans certains cas, les PF ont des niveaux plus élevés de certaines substances dans leur sang ou leur urine que la population générale (par exemple, certains HAP, PFAS et agents ignifugeants organophosphorés). En ce qui concerne la contamination de l'environnement professionnel, l'analyse révèle que, par exemple, les échantillons de poussière recueillis dans les casernes de pompiers présentaient des valeurs plus élevées d'agents ignifugeants organophosphorés et bromés que la poussière résidentielle. Ce travail aidera à identifier les produits chimiques pour les



futures études de biosurveillance et les lignes directrices pour améliorer l'interprétation des niveaux de biosurveillance des PF; il peut donner un aperçu des procédures opérationnelles qui pourraient atténuer les expositions des PF. (CP : Paul White, Rocio Aranda-Rodriguez, Leona MacKinnon, Elyse Bernard, Peter Mochungong, Virginie Bergeron, Catherine Campbell)

### **Toxicité chronique des inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine pour *Daphnia magna* – NOUVEAU!**

Les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) ont été identifiés comme prioritaires pour l'évaluation des risques environnementaux. Les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) figurant sur la liste révisée des substances commercialisées (R-ICL) ont été identifiés comme prioritaires pour l'évaluation des risques environnementaux. Les ISRS sont des médicaments psychoactifs régulièrement utilisés pour traiter divers degrés de dépression clinique dans les populations du monde entier. Une proportion importante de ces médicaments est libérée par excrétion et se retrouve dans les systèmes de traitement des eaux usées. Des études antérieures ont révélé que les ISRS individuels se retrouvent dans les effluents des eaux usées municipales à des niveaux relativement faibles. Cependant, étant donné leur mode d'action commun, ils pourraient devenir nocifs lorsque ces composés sont présents en même temps dans les effluents. Cette étude a examiné la toxicité chronique pour les daphnies (*Daphnia magna*) d'un mélange de cinq ISRS trouvés dans les eaux usées municipales à des concentrations réalistes sur le plan environnemental : citalopram (Celexa), fluoxétine (Prozac), flovoxamine (Luvox), paroxétine (Paxil) et sertraline (Zoloft). Les résultats ont révélé que le mélange n'avait aucun effet défavorable sur la survie après 21 jours (aucune mortalité) et aucun changement de comportement (mobilité). Cependant, le nombre de nouveau-nés suivait une courbe concentration-réponse en forme de U. Ces résultats sont cohérents avec l'observation selon laquelle la stimulation de la sérotonine augmentait la production et la libération des nouveau-nés par le parent. Par conséquent, les mélanges environnementaux d'ISRS pourraient influencer le nombre de nouveau-nés chez les daphnies. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des ISRS figurant dans la LRSC et serviront à explorer l'utilisation de l'évaluation des risques cumulatifs en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. (CP : Dianne Hughes, Jean Grundy, François Gagné)

### **Création d'une base de données maîtresse sur les taux de mercure et de méthylmercure dans les aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au mercure dans les communautés autochtones**

Dans le cadre de grands projets assujettis à des évaluations d'impact fédérales, Santé Canada fournit des conseils concernant l'évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH) des contaminants présents dans les aliments traditionnels, dont le mercure (Hg). Le cadre actuel de Santé Canada à l'égard des ERSH suppose que tout le Hg qui se trouve dans les aliments traditionnels est présent sous forme de méthylmercure (MeHg), soit la forme neurotoxique la plus rapidement absorbée. Cependant, cette hypothèse et l'évaluation des risques qui en découle seraient trop prudentes, ce qui

pourrait donner lieu à des avis aux consommateurs inutiles et inciter les communautés autochtones à se tourner vers des aliments commerciaux moins nutritifs. Une base de données maîtresse sur les niveaux de Hg et de MeHg dans les aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au Hg dans les communautés autochtones du Canada a été créée dans Microsoft Excel pour déterminer des rapports MeHg/Hg total (HgT) potentiellement plus réalistes. Au total, 85 des aliments traditionnels qui contribuent le plus à l'exposition au Hg dans les communautés autochtones ont été déterminés en fonction de l'Enquête sur la santé des Inuits (2007–2008), de l'Étude sur l'alimentation, la nutrition et l'environnement chez les Premières Nations (2017–2019) et de consultations avec des spécialistes dans le domaine. Une revue critique de la littérature a été réalisée pour consigner les données actuelles sur les concentrations d'espèces de Hg déclarées ou mesurées dans les aliments traditionnels sélectionnés. L'ensemble de données fourni pourrait être utilisé pour générer des estimations plus précises des concentrations de MeHg dans les aliments traditionnels, et donc des évaluations de risques plus précises, même si seuls les niveaux de HgT sont disponibles. Il pourrait également permettre aux évaluateurs de risques de trouver des associations entre les points chauds de la pollution au Hg et les niveaux dans les aliments traditionnels. (CP : Laurie Chan (Université d'Ottawa), Alexandra Iliescu, Gregory Kaminski)

### **Mise au point de méthodes de détection in vitro de 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 affectent la santé des populations des pays développés. Les tissus adipeux et les adipocytes sont non seulement responsables du stockage des calories excessives; ils influencent aussi fortement le métabolisme par l'organisme entier 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 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 il a été indiqué précédemment dans les modèles cellulaires, les substances chimiques comme les bisphénols et les ignifugeants peuvent agir de la même façon 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 l'apparition de maladies en déséquilibrant les quantités d'hormones et de facteurs solubles. À ce jour, il existe peu de renseignements et aucune méthode d'évaluation validée ou à haute densité en ce qui concerne la fonction des adipocytes exposés à des substances chimiques. Le présent projet vise à mettre au point une méthode de criblage qui permettra à la fois de cerner les substances favorisant la formation de cellules adipeuses et de déterminer si elles contribuent aux maladies métaboliques. (CP : Ella Atlas)



## **Élaboration et application de stratégies d'essai adaptées et fondées sur les voies toxicologiques 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* (1999) [LCPE (1999)] 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. 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 essaie 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 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 (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 : Francesco Marchetti)

## **Élaboration et application d'approches novatrices de séquençage de nouvelle génération pour les essais de mutagenicité au 21<sup>e</sup> siècle**

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE (1999)] 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 en raison d'erreurs fortuites ou de l'exposition à un agent toxique. Lorsque des mutations se produisent dans les tissus, elles peuvent provoquer un cancer. Les mutations qui surviennent dans les spermatozoïdes ou les ovules peuvent être transmises aux descendants et entraîner diverses maladies génétiques. Les essais de mutagenicité existants 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. Récemment, des améliorations importantes aux technologies de séquençage de l'ADN ont permis l'identification de mutations touchant l'ensemble du génome. Ces méthodes ont été utilisées pour analyser les génomes de familles humaines en vue de détecter les expositions environnementales qui augmentent le nombre de mutations transmises aux générations suivantes. De plus, une nouvelle méthode de séquençage est actuellement évaluée qui 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. Les données initiales montrent que cette nouvelle méthodologie se compare bien à la méthode d'étalon-or actuelle pour évaluer les mutations in vivo. Enfin, nous avons recours à des méthodes computationnelles pour analyser les mutations induites par des substances chimiques. Nous avons démontré que chaque substance chimique est associée à des profils particuliers. Certains de ces profils sont observés dans des cas de cancers dont les causes environnementales sont connues (p. ex. cancer du poumon et tabagisme). Cette approche constitue une nouvelle façon de découvrir de nouvelles causes environnementales du cancer. De façon générale, le projet générera des données fondamentales qui permettront de moderniser et d'améliorer les essais réglementaires de mutagénicité. Ce projet est lié à la priorité de Santé Canada d'évaluer de manière efficace et efficiente les effets potentiels néfastes des substances chimiques sur la santé et devrait fournir des connaissances réglementaires qui aideront à prévenir le cancer et d'autres maladies génétiques. (CP : Francesco Marchetti)

### **Élaboration et validation de méthodes rapides pour évaluer la toxicité endocrinienne**

On craint de plus en plus que l'exposition aux produits chimiques commerciaux cause des effets indésirables 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. Le développement de méthodes rapides d'identification des produits chimiques posant un danger jugé critique pour l'évaluation de la sécurité. Le présent projet, qui s'appuie sur l'expérience acquise dans les études antérieures, vise à : 1) mettre au point des méthodes pour détecter rapidement les effets toxiques des produits chimiques sur la signalisation des hormones thyroïdiennes (très importante durant les premiers stades du développement du cerveau); et 2) élaborer, définir et 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, seront améliorés et validés à l'aide d'une liste exhaustive des substances dont on sait ou suspecte qu'elles perturbent la signalisation des hormones thyroïdiennes. Des essais à haut débit fondés sur ces molécules seront intégrés dans des protocoles pouvant être utilisés par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) pour élaborer des lignes directrices sur les essais de toxicité. Santé Canada collabore avec l'Agence de la protection environnementale des États-Unis (EPA) afin d'élaborer et de valider un essai à haut débit qui servira à analyser des substances chimiques pour vérifier si elles ont la capacité d'inhiber la peroxydase thyroïdienne. Par ailleurs, des méthodes novatrices permettant de déterminer les molécules qui



réagissent avec des molécules ignifuges seront employées. Les premiers résultats montrent qu'il s'agit d'enzymes qui jouent un rôle dans le métabolisme du cholestérol. Des essais visant ces enzymes sont en train d'être mis au point : ils serviront à comparer l'activité de tous les produits ignifuges à base de phosphate qui sont utilisés au Canada. Ces études contribueront à éclairer les activités d'évaluation des risques, ainsi que l'évaluation et la réduction des risques liés à l'utilisation de substances chimiques. (CP : Mike Wade)

### **Mise au point d'une approche de détection fondée sur le consensus 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)**

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 améliorer continuellement 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. 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. La présente étude vise à évaluer le potentiel de liaison de substances chimiques à une série de récepteurs en utilisant à la fois des modèles *in silico* et des données *in vitro* à haut débit produites dans le cadre du programme ToxCastMC de l'Agence de la protection environnementale des États-Unis (EPA) 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, CERAPP, CoMPARA, et CaseUltra ainsi que des modèles internes basés sur la forêt aléatoire. Ces modèles ne sont pas seulement évalués pour leur propre performance, mais aussi comme une combinaison d'entre eux dans ce que l'on appelle des modèles de consensus. Pour commencer, les prédictions des modèles *in silico* sont combinées à l'aide d'une variété de méthodes pour arriver à une valeur unique. Ces résultats peuvent être comparés à un ensemble de données de validation afin de déterminer la combinaison idéale de modèles pour donner les performances prédictives les plus élevées. Les résultats de l'analyse et de l'intégration des consensus models *in silico* faciliteront la mise au point rapide d'une approche à plusieurs volets ayant été proposée pour détecter les substances chimiques qui peuvent être des perturbateurs endocriniens. (CP : Sunil Kulkarni, Sean Collins)

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

La communauté internationale, y compris le gouvernement du Canada, est de plus en plus déterminée à réduire l'utilisation d'animaux dans la recherche scientifique et les essais réglementaires. Par conséquent, de nombreux groupes dans le monde entier développent et déploient des MNAs (méthodologies de la nouvelle approche) pour une évaluation efficace de la toxicité (géo) sans animaux. Le groupe de laboratoire de toxicologie génétique du BSRSE (Bureau des sciences et de

la recherche en santé environnementale) développe actuellement une plate-forme multiplexée, à haut débit et sans animaux pour l'évaluation de la toxicité génétique, c'est-à-dire la plate-forme GeneTox21. La plate-forme est composée de six tests complémentaires; ils englobent collectivement plus de 20 critères d'évaluation qui évaluent l'induction de mutations, d'anomalies chromosomiques, de ruptures de brins d'ADN et d'augmentation des réponses de plusieurs rapporteurs de dommages génétiques génomiques et protéomiques. Étant donné que des plateformes comme GeneTox21 génèrent de grandes quantités de données dose-réponse, l'interprétation réglementaire des résultats des tests peut être complexe et lourde. Par conséquent, l'équipe de recherche est en train de mettre au point un outil informatique connu sous le nom d'OAIEG. L'outil comprend un tableau de bord convivial qui donne accès à des outils de visualisation, d'analyse et d'interprétation efficaces d'ensembles de données multiplexés complexes. Les progrès réalisés à ce jour (c.-à-d. la version 8.6.7) ont permis de mettre en œuvre un module d'examen de l'évaluation qualitative, un module d'analyse de la relation dose-réponse fondé sur l'approche de la DMO (dose de référence) et un module GeneToxPi pour la notation intégrée des composés et l'analyse du mode d'action (MdA). Le module BMD permet des analyses dose-réponse personnalisées avec une visualisation de tracé et des classements de puissance personnalisés. Les progrès récents ont permis d'affiner la capacité d'évaluation quantitative et de mettre en œuvre la capacité GeneToxPi. Les activités à venir permettront d'affiner davantage le module GeneToxPi, d'élaborer et de mettre en œuvre un module EVIVE (extrapolation in vitro à in vivo), d'intégrer des règles d'évaluation des points de terminaison supplémentaires, d'ajouter des outils de visualisation améliorés et de transférer l'ensemble du système dans un environnement de programmation plus évolutif. Une fois terminé, l'outil sera déployé pour un dépistage efficace et efficient de la génotoxicité des produits chimiques dont les données ne manquent pas. L'OAIEG permettra des évaluations qualitatives complètes, ainsi qu'une enquête quantitative détaillée pour le classement intégré de la puissance et la détermination du MdA.(CP : Paul White)

### **Développement d'algorithmes d'apprentissage automatique pour les prévisions des utilisations fonctionnelles des substances pour le dépistage et la priorisation – NOUVEAU**

Santé Canada a pour mandat d'évaluer les risques pour la santé des produits chimiques auxquels les Canadiens sont exposés. Au cours des dernières années, on s'est intéressé à la mise au point de méthodes assistées par ordinateur (in -silico) pour appuyer le dépistage et l'estimation de l'évaluation chimique dans des volumes plus élevés, une technique connue sous le nom d'estimation de l'exposition à haut débit. En utilisant des données et des techniques émergentes, un grand nombre de substances peuvent être rapidement examinées et triées pour d'autres travaux, le cas échéant. Des progrès importants ont été réalisés pour faire progresser les nouvelles stratégies d'essai et d'évaluation du côté des dangers de l'équation d'évaluation des risques. Nombreux modèles quantitatifs (ou qualitatifs) de relations structure-activité (R[Q]SA) étant en cours d'élaboration pour un certain nombre de paramètres toxicologiques. Jusqu'à présent, on a moins mis l'accent sur les nouvelles méthodes d'approche pour l'évaluation de l'exposition. Cela peut être principalement dû à l'idée sous-jacente que la structure d'une substance peut être fortement liée au danger, alors que ce point de vue ne semble pas être aussi communément admis en ce qui concerne l'utilisation de telle substance. Cela donne l'occasion d'explorer



le domaine des modèles d'exposition pour faciliter les activités d'évaluation des risques en fournissant des prévisions sur la façon dont une substance peut être utilisée. L'utilisation potentielle d'une substance peut être prédite à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique connues sous le nom de relation quantitative (ou qualitative) structure-utilisation (R[Q]SU) et fonctionne de la même manière que R[(Q)SA]. Pour ce travail, nous examinerons l'utilisation de techniques d'apprentissage automatique (ML) pour développer des modèles R(Q)SU. Divers modèles, y compris une forêt aléatoire (RF) développée à l'interne, seront appliqués aux ensembles de données avec des informations sur la consommation de substances ou les fonctions. À l'aide des différents types de modèles, plusieurs modèles ml seront développés et les performances comparées à celles d'un ensemble de données d'évaluation inutilisé afin de déterminer les modèles idéaux. Les données sur les utilisations des substances sont déjà disponibles auprès de l'Agence de la protection environnementale des États-Unis, de l'ECHA et d'UL Prospector. Les modèles et les prévisions qui en résulteront seront intégrés aux efforts d'établissement des priorités et d'examen préalable, ce qui donnera un aperçu des utilisations fonctionnelles de substances qui seraient autrement sans cette information. (CP : Sean Collins)

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

Santé Canada est chargé de l'évaluation et de la gestion des risques pour la santé des Canadiens associés à l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement. Au cours de la dernière décennie, la sensibilité des méthodes de biosurveillance a été considérablement augmentée en ce qui concerne 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 dans les liquides biologiques humains (p. ex. l'urine et le sang). Pour cette raison, les approches non ciblées ont grandement capté l'attention dans le domaine de l'évaluation des risques associés à l'exposition humaine à des contaminants chimiques inconnus ou nouveaux. Cette étude 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, ainsi que selon des patrons de fragmentation, des temps de rétention et la similarité structurale avec d'autres groupes de substances connues. Ces nouvelles méthodes permettront d'obtenir des renseignements essentiels sur les métabolites et les composés d'origine au moment d'identifier de nouveaux contaminants en vue des évaluations futures dans le cadre du PGPC. Des modèles seront mis au point pour fournir des données semi-quantitatives sur des substances chimiques inconnues identifiées sans utiliser d'étalons de référence. Ce projet apportera également des connaissances utiles sur les métabolites dérivés de nouveaux produits chimiques présents dans les liquides biologiques humains. Les méthodes peuvent être employées pour analyser des échantillons prélevés dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la

santé et profiteront à l'ensemble de la communauté 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, y compris, des plastifiants, des etagents de stabilisation UV, et leurs substituts dans les liquides biologiques humains (urine et sérum). (CP : Yong-Lai Feng)

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

Les bisphénols sont des substances chimiques produites en grandes quantités. Ils sont utilisés notamment dans la production de polycarbonates et de résines époxy. Le bisphénol F (BPF) et le bisphénol S (BPS) sont des produits de remplacement du bisphénol A (BPA) importants 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 plus limités que ceux sur le BPA, de sorte qu'il est difficile d'évaluer adéquatement les répercussions potentielles sur la santé humaine du remplacement du BPA. Dans la présente étude, la toxicité du BPA, du BPF et du BPS a été comparée directement après l'administration de ces substances chez le rat 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 évalués dans la ligne directrice no 407 de l'OCDE, d'autres mesures des paramètres liés au système endocrinien ont également été effectuées. Selon les renseignements publiés au sujet de la toxicité in vivo et in vitro du BPA, du BPF et du BPS, des hormones additionnelles ont été mesurées dans les sérums des rats, tandis que l'expression de gènes spécifiques sélectionnés qui peuvent fournir des informations supplémentaires sur les mécanismes moléculaires de toxicité du bisphénol a été évaluée dans le foie. En comparant directement la toxicité in vivo du BPA, du BPF et du BPS, le projet permettra de mieux évaluer les risques possibles pour la santé humaine liés au remplacement du BPA par le BPF et le BPS. Le projet contribuera aussi à améliorer l'interprétation des données de biosurveillance de l'ECMS. (CP : Guillaume Pelletier)

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

Le mercure (Hg) présent dans les aliments traditionnels, lesquels sont consommés plus fréquemment par les membres des communautés autochtones, peut poser des risques pour la santé. L'approche de Santé Canada pour estimer l'exposition humaine au Hg par la consommation d'aliments traditionnels repose sur des hypothèses qui peuvent être trop conservatrices, notamment : tout le Hg est présent sous forme de méthylmercure (MeHg), la forme neurotoxique; les niveaux de Hg restent constants pendant la préparation des aliments; tout le MeHg présent dans les aliments traditionnels est absorbé par les humains; et les interactions du Hg avec le sélénium (Se) et l'arsenic (As) ne modifient pas l'exposition humaine. Cela pourrait conduire à des avis de consommation inutiles et pousser les



communautés indigènes à se tourner vers des aliments commerciaux moins nutritifs. Pour vérifier ces hypothèses, les concentrations de Hg total (HgT), de MeHg, d'As, de Se et de spéciation des métaux (c.-à-d. différentes formes d'un métal) ont été mesurées dans des échantillons frais, congelés et cuits de foie, de muscles et de reins de phoques gris et de muscles de poisson maigre, et le changement de la bioaccessibilité (la proportion d'une substance chimique qui est disponible pour l'absorption après la digestion) de ces métaux dans les tissus de phoques gris a été estimé à la suite d'expériences de digestion simulée. Les résultats de l'étude pourraient contribuer à améliorer les conseils de Santé Canada sur l'évaluation des risques pour la santé humaine de l'exposition au Hg attribuable à la consommation d'aliments traditionnels, et à mieux orienter les mesures de gestion des risques possibles. (CP : Marc Amyot (Université de Montréal), Alexandra Iliescu, Gregory Kaminski)

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

Les répercussions potentielles sur la santé liées à l'utilisation répandue de substances chimiques soupçonnées de provoquer une perturbation du système endocrinien préoccupent de plus en plus les scientifiques et la population. Santé Canada a pour mandat de réglementer les substances chimiques auxquelles la population canadienne est exposée. Les mesures réglementaires et les pressions exercées par les consommateurs ont entraîné une diminution de l'utilisation d'un certain nombre de perturbateurs endocriniens, 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 efforts ont été axés sur l'analyse d'un grand nombre de composés structurellement semblables qui pourraient remplacer le bisphénol pour déterminer leurs effets sur la stéroïdogénèse (20) et l'inhibition de la peroxydase thyroïdienne (38). Les résultats permettront d'établir les risques potentiels associés à ces substances de remplacement et aideront à trouver des solutions de rechange moins toxiques. (CP : Barbara Hales [Université McGill], Tara Barton McLaren. Collaborateurs : Mike Wade, Ella Atlas, Cariton Kubwabo)

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

La Division de la mesure du rendement du Bureau de la gestion du risque effectue des évaluations de la mesure du rendement en ce qui concerne la gestion des risques associés aux substances toxiques afin de déterminer si les mesures prises pour protéger les Canadiens et leur environnement sont utiles et efficaces. Cette étude vise à soutenir la mesure du rendement et l'évaluation des dioxines et des furanes. Les dioxines et les furanes sont deux groupes de polluants organiques persistants qui ont été déclarés toxiques pour la santé humaine en 1990 en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de*

*l'environnement* de 1988. Le gouvernement du Canada a mis en œuvre plusieurs mesures de gestion des risques depuis le début des années 1990 afin de réduire l'exposition à ces produits chimiques. L'un des critères d'effet sur la santé les plus sensibles est la réduction de la fécondité chez les garçons nés de mères exposées à des niveaux élevés de dioxines et de furanes. Les objectifs de cette étude sont de contribuer à évaluer le rendement des mesures de gestion des risques par l'estimation du nombre de cas d'infertilité masculine au Canada qui pourraient être attribuables à l'exposition aux dioxines et aux furanes au fil du temps. Les concentrations estimées de dioxines et de furanes seront obtenues par l'entremise de plusieurs enquêtes sur le lait humain au Canada menées au fil des ans. Le nombre de cas d'infertilité masculine attribués à l'exposition aux dioxines et aux furanes sera estimé, puis comparé aux estimations dans un scénario où l'exposition à ces produits chimiques n'a pas diminué au fil du temps. Cette façon de faire donnera une idée du nombre de cas d'infertilité masculine qui pourraient avoir été évités grâce aux mesures de gestion des risques. (CP : Michael Elten)

### **Évaluation de l'utilisation de la décontamination cutanée pour réduire l'exposition des pompiers aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) issus de la combustion**

Santé Canada évalue et gère les risques pour la santé que posent les produits chimiques de l'environnement. Les pompiers sont exposés à une variété de toxiques dérivés de la combustion à la fois dans et autour des incendies, et les statistiques ont montré qu'ils ont un risque accru de cancer. Des études antérieures ont montré que les pompiers sont exposés à des cancérigènes dérivés de la combustion tels que les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques); de plus, que la surface dermique est une voie d'exposition importante. Des lingettes nettoyantes pour la peau ont été proposées pour l'élimination post-suppression des substances toxiques déposées par voie cutanée; cependant, l'efficacité de la décontamination par voie cutanée n'a pas été étudiée efficacement. Ce travail évalue comparativement la capacité de différentes stratégies de nettoyage pour l'élimination post-suppression des HAP déposés sur la surface cutanée. Les travaux, qui ont été effectués dans un centre de formation pour des pompiers à Ottawa, ont évalué le niveau des HAP aéroportés sur les lieux de l'extinction d'incendie et le niveau post-suppression des HAP sur la surface cutanée. À la suite de la suppression des incendies, les pompiers ont été affectés à l'un des quatre groupes d'intervention; trois se sont engagés dans la décontamination cutanée post-suppression, le quatrième était un contrôle. Les résultats ont révélé que les pompiers étaient uniformément exposés à des concentrations élevées de HAP et que la suppression des incendies entraînait une contamination cutanée importante. La décontamination après la suppression à l'utilisation de deux lingettes de nettoyage commerciales n'a pas éliminé des quantités importantes de HAP déposés dermalement. En revanche, le savon et l'eau ont enlevé environ la moitié des HAP sur la surface cutanée. Aucune des interventions étudiées n'a réduit la dose interne de HAP, telle que mesurée par la quantification des métabolites de l'HTAP dans l'urine. Les résultats suggèrent que la pénétration cutanée peut se produire trop rapidement pour utiliser la décontamination post-suppression afin de réduire la pénétration cutanée et la dose interne. Les résultats de cette recherche seront utilisés pour élaborer des procédures d'exploitation et/ou des EPI (équipement de protection individuelle) qui pourraient être en mesure de réduire au minimum l'exposition des pompiers aux substances toxiques dérivées de la combustion. (CP : Jules Blais [Université d'Ottawa], et collaborateur : Paul White)



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

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

## Examen de l'association entre les concentrations de PBDE maternels, les marqueurs plasmatiques maternels et les résultats de santé de la mère et du nourrisson dans l'étude MIREC – NOUVEAU!

L'étude mère enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC) est une étude pancanadienne et fait partie des efforts de biosurveillance du ministère. La grossesse est une période vulnérable, et l'exposition à des produits chimiques environnementaux peut nuire à la santé de cette population vulnérable. Les polybromodiphényléthers (PBDE) constituent une classe d'ignifugeants utilisés dans une variété de produits de consommation et détectés dans l'environnement. Ces produits chimiques sont connus pour leurs propriétés de perturbation endocrinienne. On connaît moins bien la relation entre les PBDE pendant la grossesse et les effets néfastes sur la santé de la mère et du nourrisson. Les travaux visaient d'abord à effectuer une revue systématique afin de compiler les résultats obtenus jusqu'à présent sur les associations entre les concentrations de PBDE chez la mère, les résultats pour la santé de la mère et du nourrisson (p. ex. poids à la naissance, longueur à la naissance, circonférence de la tête, hypertension gestationnelle) et les marqueurs sanguins de la mère. De plus, l'examen des relations entre les concentrations de PBDE chez la mère, les biomarqueurs sanguins et les résultats de santé de la mère et du nourrisson sera effectué dans la cohorte de l'étude MIREC. Les résultats de ces travaux permettront d'obtenir des données sur les risques pour la santé de la mère et du nourrisson associés à l'exposition aux PBDE pendant la grossesse et de comprendre les mécanismes de toxicité potentiels. (CP : Premkumari Kumarathasan)

## **Examen de l'application de nouvelles méthodes d'approche pour établir des points de départ fondés sur la transcriptomique in vitro afin de faciliter la prise de décisions réglementaires – NOUVEAU!**

Le nombre croissant et la complexité accrue des substances présentes dans les produits de consommation et introduites chaque année sur le marché canadien représentent un défi pour les organismes de réglementation qui doivent évaluer leur danger potentiel et leur risque pour la santé humaine. Cette demande accrue s'ajoute aux limites de ressources et de temps associées aux méthodes traditionnelles d'essais sur les animaux, ce qui donne souvent lieu à des données inappropriées pour la caractérisation des dangers et des risques. De nouvelles méthodes d'approche mettant en œuvre de nouvelles technologies utilisant des méthodes in vitro et in silico fournissent une alternative viable non animale et à haut débit pour éclairer les décisions de priorisation et d'évaluation des risques. L'objectif de ce projet est de produire des paramètres définis pour démontrer la capacité des données d'expression génique (transcriptomique) in vitro à fournir des informations quantitatives robustes et reproductibles à mettre en œuvre dans les cadres réglementaires. Un flux de travail uniforme a été élaboré pour prendre en compte un seul grand ensemble de données consolidées pour représenter un espace chimique diversifié (c'est-à-dire de nombreuses substances appartenant à plusieurs classes chimiques). Les points finaux ont été dérivés des données d'expression génique pour représenter des points de départ transcriptomiques (tPOD) robustes et fiables. Pour assurer la pertinence humaine, le processus d'extrapolation in vitro à in vivo (EVIV) a été intégré au flux de travail qui modélise une dose équivalente administrée pour estimer un équivalent de concentration sanguine humaine qui correspond à l'effet dérivé in vitro (p. ex. le tPOD). L'analyse préliminaire et les travaux antérieurs de Santé Canada ont démontré que les paramètres dérivés in vitro protègent la santé humaine, fournissant des estimations plus conservatrices par rapport aux méthodes traditionnelles utilisant des modèles d'animaux entiers. Les travaux actuels renforcent la confiance dans l'application des approches fondées sur les NAM dans les exercices de dépistage qui permettent d'identifier et de classer par ordre de priorité les substances potentiellement les plus préoccupantes pour la suite des travaux. Des efforts internationaux sont actuellement en cours pour harmoniser ces flux de travail et ces approches afin d'accroître leur acceptation et leur utilisation dans les cadres réglementaires internationaux. (CP : Anthony Reardon, Tara Barton-Maclaren, Reza Farmahin)

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

L'évaluation des effets de l'exposition à de multiples substances chimiques de sources différentes représente depuis longtemps un défi pour les scientifiques et les organismes de réglementation. La mesure de la « charge d'exposition » utilise les données de biosurveillance humaine pour quantifier l'exposition à de multiples substances chimiques et comprendre dans quelle mesure la charge chimique varie au sein d'une population. Pour calculer la charge d'exposition, il faut additionner le nombre de substances chimiques d'intérêt qui sont mesurées dans des personnes à une concentration qui dépasse un seuil défini. Les données des cycles 3 et 4 de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) (2012–2015) ont été utilisées pour cette analyse, qui comprenait 1858 participants âgés de 12



à 79 ans et 44 biomarqueurs de 26 groupes chimiques. La première phase de l'analyse a révélé que les Canadiens sont exposés simultanément à de nombreuses substances chimiques à des concentrations faibles et à moins de substances chimiques à des concentrations élevées tandis que la charge d'exposition du groupe d'âge le plus jeune (âgé 12 à 19 ans) était beaucoup plus faible que celle des personnes plus âgées. Les fumeurs, quant à eux, présentaient une charge d'exposition beaucoup plus élevée que les non-fumeurs. Aucune différence significative n'a été constatée entre les hommes et les femmes. Dans la deuxième phase de l'analyse qui est actuellement en cours, l'association entre la charge d'exposition et d'autres facteurs d'exposition tels que le revenu du ménage et le niveau de scolarité est à l'étude. La question de savoir si certaines classes chimiques influencent différemment la charge d'exposition est également à l'étude. Santé Canada a pour mission de protéger la santé des Canadiens en évaluant et en gérant les risques posés par l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement. L'analyse de la charge d'exposition appuie et oriente ce mandat puisqu'elle permet d'obtenir des données représentatives à l'échelle nationale sur l'exposition de la population canadienne à de multiples substances chimiques. Lien : <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113704> (CP : Jeff Willey, Tyler Pollock, Annie St-Amand)

### **Exposition fœtale aux microplastiques – NOUVEAU!**

Les microplastiques (MP) sont de minuscules fragments de plastique qui polluent notre environnement à partir d'une variété d'articles en plastique qui remplissent notre vie moderne. Ces fragments résistent à la décomposition, et l'on craint qu'ils n'aient des effets néfastes sur l'humain et la faune. L'ampleur de l'exposition humaine et son impact sur la santé sont mal connus. Une étude italienne récente et très médiatisée a identifié des MP dans le placenta humain, ce qui laisse penser qu'ils peuvent s'infiltrer dans l'utérus et nuire à la santé et au développement du fœtus. La présente étude propose d'utiliser la même approche : examiner les placentas de femmes canadiennes pour détecter la présence de MP afin de déterminer s'il y a contamination de l'utérus. Les plastiques sont omniprésents dans notre environnement et, par conséquent, pour écarter la possibilité d'une contamination du placenta pendant l'accouchement, l'étude comparera la contamination par les MP dans les placentas accouchés par césarienne et par voie vaginale. L'hypothèse est que les différences dans les normes d'hygiène requises pour la césarienne (chirurgie abdominale) peuvent entraîner des différences dans la contamination de surface du placenta par rapport au passage par le canal vaginal. De plus, pour mieux comprendre la présence potentielle de MP dans le placenta in utero, on prélèvera des échantillons sous les surfaces exposées du placenta, afin de minimiser le potentiel de contamination par l'une ou l'autre forme d'accouchement. Cette étude révélera si les placentas des femmes canadiennes contiennent des MP et indiquera si ceux-ci reflètent une exposition du fœtus tout au long de la grossesse ou une exposition pendant l'accouchement. Cette distinction est d'une importance capitale pour interpréter la nature du risque posé par ce polluant au fœtus en développement. (CP : Mike Wade)

## **Poursuite de l'élaboration de méthodes consensuelles d'analyse de l'activité toxicologique des substances chimiques à partir de la relation (quantitative) structure-activité (R[Q]SA) – NOUVEAU!**

L'application de modèles d'apprentissage machine (AM) dans le domaine de la toxicologie continue de se développer. Depuis de nombreuses années, les chercheurs ont conçu de nombreux modèles *in silico* qui prédisent l'activité des substances sur des effets toxicologiques définis tels que l'activité endocrinienne ou la génotoxicité. Cela représente toutefois un défi pour la communauté réglementaire, car avec autant de modèles AM disponibles pour un effet particulier, il peut être difficile d'évaluer et de sélectionner le ou les modèles les plus appropriés permettant d'obtenir des résultats fiables pour l'espace chimique d'intérêt. Une approche simpliste pourrait consister à utiliser le modèle unique ayant la meilleure performance, mais cela pourrait limiter le potentiel des modèles *in silico* et la puissance de calcul disponible. Une approche plus robuste consiste à identifier ou à élaborer une méthodologie permettant de combiner les modèles en un modèle consensuel dont la performance est supérieure à celle de tout modèle unique. Une telle méthodologie a déjà été mise au point et utilisée par Santé Canada, mais elle était axée uniquement sur les relations (quantitatives) structure-activité (R[Q]SA) pour l'activité endocrinienne. La prochaine étape consistera à élargir les paramètres toxicologiques qui sont couverts par les modèles de consensus *in silico*. Par exemple, il existe plusieurs modèles AM capables de prédire la génotoxicité (ACD, AMES et CaseUltra), pour n'en citer que quelques-uns, et des ensembles de données de haute qualité facilement disponibles grâce à Leadscape. En choisissant des paramètres bien définis avec des ensembles de données de haute qualité et de nombreux modèles AM disponibles pour l'évaluation, nous cherchons à évaluer la performance des modèles de consensus sur des paramètres toxicologiques aussi variés que possible. Dans un premier temps, l'accent sera mis sur la génotoxicité, avec comme vision d'élargir l'évaluation à d'autres paramètres pertinents, comme la toxicité pour le développement et la reproduction. Une fois mis au point, ces modèles consensuels seront intégrés à un flux de travail en tant que premier niveau d'aide à la sélection et à la hiérarchisation des substances en vue d'autres activités d'évaluation des risques. (CP : Sean Collins)

## **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 dommages génétiques sont associés 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 (épreuves biologiques) sont laborieux et se prêtent difficilement à l'évaluation des substances chimiques à haute densité et à haut débit au moyen d'outils faisant appel à des cellules en culture (épreuves biologiques *in vitro*). La manifestation physique des dommages génétiques (p. ex. mutations et lésions chromosomiques) nécessite une réplication cellulaire. C'est pourquoi on ne peut désigner les analyses de la toxicité génétique *in vitro* (c.-à-d., sans animaux) comme des analyses à haut débit. En effet, les méthodes d'analyse les plus rapides prennent 24 heures et plus, à partir 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 ou multipoints n'a été mis en place. Cependant, des technologies d'évaluation à haut débit (p. ex. cytométrie en flux) peuvent être utilisées pour accroître 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, sans animaux, 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<sup>MC</sup>), 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) et une analyse du profil d'expression génique pour l'évaluation des réponses cellulaires aux dommages à l'ADN. 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. Un projet d'accompagnement est en train de développer un outil informatique pour faciliter l'analyse et l'interprétation des résultats de GeneTox21. (CP : Paul White)

### **Génotoxicité des nanoformes d'oxydes métalliques figurant sur la Liste intérieure des substances : rôle de la solubilité du matériau – NOUVEAU!**

Santé Canada est responsable de l'évaluation et de la gestion des risques associés aux nanomatériaux manufacturés. Les nanomatériaux manufacturés (NM/NM, d'une taille de 1 à 100 nanomètres), en raison de leurs propriétés associées à la taille, sont de plus en plus recherchés pour des applications industrielles et sont facilement incorporés dans plusieurs produits commerciaux. Les NM de métaux et d'oxydes métalliques sont largement incorporés dans les produits de consommation, notamment les cosmétiques et les écrans solaires, les textiles, les produits autonettoyants et les unités de purification, et représentent 37 % des entrées dans l'inventaire des produits de consommation contenant des nanomatériaux. Bien que la plupart des oxydes métalliques ne soient pas connus pour leur toxicité sous leur forme micrométrique, dans certains milieux professionnels, comme dans le cas des soudeurs et des personnes travaillant dans les aciéries, les travailleurs exposés aux nanoparticules de métaux présentent des symptômes de maladies pulmonaires. Ainsi, il existe des preuves claires indiquant que l'exposition aux nanoformes de métaux et d'oxydes métalliques pourrait augmenter le risque de maladies humaines. Cette étude applique un nouveau test COMET à haut débit et une épreuve du micronoyau pour étudier le potentiel de dommages à l'ADN et de génotoxicité des NM qui sont prioritaires pour l'évaluation par le Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles (BECSN). La proposition étudiera spécifiquement les variantes de propriété des NM de dioxyde de titane et d'oxyde de cuivre. Dans le cadre de la phase 3 du Plan de gestion des produits chimiques, le BECSN a été chargé d'évaluer les formes nanométriques des substances figurant sur la Liste intérieure des substances, et il existe un besoin urgent de données expérimentales de qualité aux fins de l'évaluation des risques pour la santé humaine. Les données générées par cette proposition faciliteront l'évaluation d'un ensemble sélectionné de substances à l'échelle nanométrique pour leur potentiel de génotoxicité. (CP : Sabina Halappanavar)

## **Fonder les projets de développement des ressources et d'infrastructure sur l'évaluation des effets sur la santé et l'analyse comparative fondée sur le sexe et le genre plus – NOUVEAU!**

En tant qu'autorité fédérale, Santé Canada fournit des renseignements et des connaissances provenant de spécialistes ou d'experts à l'appui de l'évaluation des effets sur la santé humaine de projets considérés individuellement ou cumulativement conformément à la *Loi sur l'évaluation d'impact* (2019). L'Évaluation des incidences sur la santé (EIS) et l'analyse comparative fondée sur le sexe et le genre plus (ACSG+) sont des éléments fondamentaux des projets fédéraux soumis à une évaluation d'impact. Souvent, l'EIS et l'ACSG+ d'un projet ont lieu simultanément, mais indépendamment l'une de l'autre malgré des exigences similaires (par exemple, l'engagement des détenteurs de droits et des intervenants, la nécessité de considérer et d'évaluer les impacts disproportionnés sur les sous-populations qui peuvent être identifiées comme vulnérables). La réalisation d'une EIS et d'une ACSG+ indépendamment l'une de l'autre peut créer une duplication des efforts ainsi que des lacunes dans la compréhension des effets importants sur la santé. L'objectif de ce projet est de produire une boîte à outils comportant des étapes claires et des exemples concrets pour guider les promoteurs de projets dans l'intégration de l'ACSG+ dans le processus d'EIS, y compris les pratiques de collecte du bon niveau de données ventilées par sexe et par genre. L'élaboration de cette méthodologie unique permettra à Santé Canada de mettre en œuvre son expertise et son mandat en matière de santé dans le cadre du processus d'évaluation des incidences en produisant une évaluation plus nuancée de l'interaction entre les effets sur la santé et le sexe, le genre et d'autres dimensions de l'identité des personnes, notamment l'âge, la race, l'appartenance autochtone et l'invalidité ou l'absence d'invalidité. (CP : Faiza Waheed (Intrinsik Corp.), Tihut Asfaw, Matthew Goncalves)

## **Enquête sur la santé environnementale dans les maisons saines (Healthy Home Environmental Health Survey) 2021–2022 – NOUVEAU!**

Le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) est une initiative horizontale gérée conjointement par Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada qui vise à réduire les risques que présentent les substances chimiques pour les Canadiens et l'environnement. Santé Canada veille à sensibiliser le public aux risques associés aux produits chimiques et aux polluants, ainsi qu'à proposer des mesures qui pourraient être prises par les Canadiens pour réduire leur exposition. En 2017, une enquête en ligne a été menée pour évaluer les connaissances, la sensibilisation et les comportements des Canadiens en matière de santé environnementale. Les résultats de cette enquête ont contribué à façonner la campagne Maison saine qui a été lancée en 2019. La campagne Maison saine fournit aux Canadiens des renseignements scientifiques qui les incitent à prendre des mesures pour se protéger et protéger leur famille des substances chimiques et des polluants présents à l'intérieur et autour de la maison. La campagne vise à passer de la sensibilisation à un changement réel de comportement. Des recherches supplémentaires ont été menées auprès des Canadiens en 2021–2022 pour aider le programme à mesurer son efficacité dans le cadre d'un PGPC renouvelé. L'objectif global de cette recherche était de déterminer la sensibilisation et la compréhension des Canadiens à l'égard des substances chimiques et des polluants, ainsi que leurs comportements réels face à ces risques à la maison. Les résultats de l'enquête permettront de cerner les sujets de préoccupation et contribueront à façonner la campagne Maison saine. (CP : Ann Charboneau, Steve Clarke)



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

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

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

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

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

Depuis 2006, les priorités en matière d'évaluation des risques associés aux produits chimiques et à d'autres substances aux termes de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)] ont en grande partie été établies en fonction de la catégorisation de la Liste intérieure des substances (LIS). Le processus de catégorisation était une initiative pluriannuelle qui avait pour but de traiter manuellement les données relatives aux dangers que posent les substances chimiques et à l'exposition à celles-ci pour établir les priorités. Le processus d'établissement de l'ordre de priorité des substances chimiques reposait principalement sur les résultats des essais de toxicité disponibles à ce moment-là. Les substances chimiques pour lesquelles peu de données étaient disponibles n'étaient généralement pas évaluées en priorité, et ce, même si elles étaient potentiellement dangereuses. Au cours des 15 années qui se sont écoulées depuis cette catégorisation, la quantité d'ensembles de données publics sur la toxicité a augmenté considérablement, tout comme le nombre de technologies de criblage *in silico* et *in vitro* pour l'évaluation des dangers. Les modifications proposées à la LCPE (1999) comprennent l'établissement d'un nouveau plan pour déterminer les priorités en matière de gestion des substances chimiques de façon à refléter l'évolution de la science dans le domaine. Pour ce faire, le Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes (BERSE) a mis au point le flux de travail automatisé de Santé Canada pour l'établissement des priorités (FTASCP<sub>r</sub>). HFTASCP<sub>r</sub> automatise la collection et la pondération des données probantes liées aux résultats *in vivo*, *in vitro* et *in silico* pour les 28 000 substances chimiques inscrites sur la LIS. De plus, des renseignements sur l'exposition sont recueillis au sujet de l'utilisation de produits chimiques dans des millions de dossiers comme la FS. Pour la collecte de données *in vivo* et *in vitro*, le flux de travail utilise des scripts pour le moissonnage du Web et d'autres méthodes (p. ex. appels d'API) pour interroger rapidement des sources d'information électroniques. De plus, plusieurs modèles *in silico* qui reposent sur des technologies d'apprentissage automatique pour prédire la toxicité ont été mis au point et pourraient être utiles pour évaluer les substances chimiques pour lesquelles on dispose de peu de données. Le flux de travail se sert d'algorithmes fondés sur des règles pour pondérer les données et les renseignements en fonction de multiples paramètres réglementaires et voies d'exposition. L'objectif est de prioriser les substances chimiques qui doivent faire l'objet d'évaluations ou de collectes de données supplémentaires. Le flux de travail informatique est développé à l'aide de logiciels ouverts (KNIME, R, Python) pour que la méthodologie puisse être plus facilement partagée. Un document sur l'approche scientifique est en cours de préparation et sera publié sur le site Web du PGPC en 2023. (CP : Matthew Gagné)

## **Interprétation des données de biosurveillance : tableau de bord des valeurs d'orientation du groupe de travail international sur la biosurveillance humaine (i-HBM) – NOUVEAU!**

Les valeurs guides de biosurveillance (VGB) permettent d'interpréter les données de biosurveillance humaine (BSH) dans un contexte de risque pour la santé. Cependant, jusqu'à présent, il n'existait pas de référentiel central et international pour ces données. Ce travail décrit un référentiel en ligne gratuit pour les valeurs guides internationales fondées sur la santé afin de faciliter l'interprétation



des données de BSH. Le référentiel, appelé le tableau de bord «Human Biomonitoring Health-based Guidance Value Dashboard» [(HB)2GV], représente les efforts du Groupe de travail international sur la biosurveillance humaine (i-HBM), affilié à l'International Society of Exposure Science (ISES). La mission de l'i-HBM est de promouvoir l'utilisation des données de BSH au niveau de la population pour éclairer les décisions de santé publique grâce au développement de ressources harmonisées pour faciliter l'interprétation des données de BSH dans un contexte de santé. La Section de la biosurveillance nationale de Santé Canada, en tant que membre fondateur du groupe de travail i-HBM, a joué un rôle important dans la conception et le développement de la base de données, ainsi que dans l'établissement de la collaboration autour de la maintenance, de la mise à jour et du développement continu de l'outil d'interprétation des données de biosurveillance. Cette nouvelle ressource peut aider les utilisateurs de données de BSH tels que les évaluateurs de risques, les gestionnaires de risques et les programmes de biosurveillance avec une compilation facilement disponible de valeurs d'orientation. (CP : Annie St-Amand, Tyler Pollock)

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

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

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

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

## Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC) : Associations entre les substances perfluoroalkylées (PFAS) et les biomarqueurs lipidiques et de la fonction hépatique – NOUVEAU!

Santé Canada contribue à protéger la santé des Canadiens en évaluant et en gérant les risques associés à l'exposition à des substances chimiques présentes dans l'environnement. Les substances perfluoroalkylées (PFAS) sont une catégorie de substances chimiques largement utilisées dans les produits de consommation pour leurs propriétés hydrofuges, antitaches et oléofuges. L'exposition aux PFAS est omniprésente, et 99 % des Canadiens ont des concentrations décelables de ces substances chimiques persistantes dans leur sang. Des preuves indiquent que l'exposition aux PFAS peut avoir des effets néfastes sur la santé cardiovasculaire et la fonction hépatique dans la population générale. Cependant, on ne sait pas si l'exposition pendant la grossesse entraîne des effets similaires ou si ces effets se maintiennent plus tard dans la vie. Ce projet étudiera les effets potentiels de l'exposition



aux PFAS sur des biomarqueurs sélectionnés de la santé cardiovasculaire et de la fonction hépatique chez les femmes pendant la grossesse ainsi que 10 ans plus tard. Les données et les échantillons biologiques tirés de l'étude originale Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals (MIREC) ainsi que de l'étude de suivi la plus récente, MIREC-ENDO, seront utilisés pour obtenir des mesures de biomarqueurs lipidiques et de la fonction hépatique. En outre, les nouveaux PFAS seront mesurés dans les échantillons de sérum prélevés lors du suivi, et les associations entre les PFAS et les biomarqueurs de la santé cardiovasculaire et de la fonction hépatique seront quantifiées. Cela comprendra des analyses des PFAS individuels ainsi que de leurs mélanges. Ce projet permettra d'acquérir de nouvelles connaissances sur les substances chimiques prioritaires et leurs mélanges, ainsi que sur les risques potentiels pour la santé des populations vulnérables de femmes enceintes, qui viendront étayer les activités d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Michael Borghese)

### **Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC): Associations entre les substances perfluoroalkylées (PFAS) prénatales et les marqueurs immunitaires de la progéniture – NOUVEAU!**

Santé Canada contribue à protéger la santé des Canadiens en évaluant et en gérant les risques pour la santé associés à l'exposition à des substances chimiques présentes dans l'environnement. Les substances perfluoroalkylées (PFAS) sont une classe de plus de 5 000 substances chimiques utilisées pour leurs propriétés anti-chaleur, anti-huile, anti-eau et anti-taches dans une vaste gamme de produits de consommation. Ces substances chimiques ont été qualifiées de « substances chimiques éternelles », car elles ne se décomposent pas dans l'environnement ou chez l'humain. Les données sont limitées sur les niveaux d'exposition et les effets sur la santé des Canadiens, en particulier dans les populations vulnérables comme les femmes enceintes et les enfants. Des études scientifiques ont démontré que des niveaux élevés d'exposition aux PFAS peuvent augmenter le risque d'un certain nombre de résultats pour la santé. Par exemple, l'exposition aux PFAS peut modifier les fonctions du système immunitaire et, par la suite, altérer la capacité d'une personne à combattre les infections. Pendant la grossesse, les infections peuvent avoir des effets graves sur la santé des mères et de leur enfant. Un niveau réduit d'anticorps peut augmenter le risque d'infection chez les femmes et leur nouveau-né. La détermination des niveaux d'exposition à plusieurs PFAS pendant la grossesse et l'enfance et de leurs effets potentiels sur le système immunitaire en développement permettrait donc de combler une importante lacune dans la compréhension scientifique et contribuerait à l'élaboration de directives politiques pour ces substances chimiques. Pour combler cette lacune, neuf PFAS différentes seront mesurées dans des échantillons de sang prélevés chez des femmes enceintes et des enfants d'âge préscolaire (2 à 5 ans) dans le cadre d'études menées sous la plateforme de recherche mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC). Les anticorps contre la rougeole, les oreillons, la rubéole et la varicelle à la naissance et pendant l'enfance seront également mesurés, et les associations entre les PFAS et les niveaux d'anticorps seront quantifiées. Ce projet permettra d'acquérir de nouvelles connaissances sur les substances chimiques prioritaires et leurs effets potentiels sur la santé des populations vulnérables que sont les femmes enceintes, les fœtus, les nourrissons et les jeunes enfants, qui viendront étayer les activités d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Jillian-Ashley Martin)

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

La plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) englobe l'étude MIREC initiale menée auprès de femmes enceintes canadiennes ainsi que les études de suivi menées auprès d'une partie de leurs enfants, soit MIREC-ID (développement des nourrissons), MIREC-CD3 (développement des enfants à 3 ans) et MIREC-CD Plus (biosurveillance et neurodéveloppement chez les enfants de 2 à 5 ans). Cette plateforme a été conçue pour obtenir des données pancanadiennes sur l'exposition des mères, des fœtus et des nouveau-nés aux substances chimiques prioritaires présentes dans l'environnement et sur les effets indésirables possibles de ces substances sur la grossesse de même que sur la croissance et le développement du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant. Lors de l'étude MIREC initiale, qui était codirigée par des chercheurs de Santé Canada, environ 2 000 femmes réparties dans 10 villes un peu partout au Canada ont été recrutées durant le premier trimestre de leur grossesse et suivies jusqu'à leur accouchement. Les questionnaires à remplir durant la grossesse et après l'accouchement visaient à recueillir des renseignements sur l'emploi, le mode de vie, les antécédents médicaux, les expositions environnementales et l'alimentation. Les renseignements sur la grossesse et sur le nourrisson provenaient des dossiers médicaux. Nous avons prélevé des échantillons de sang, d'urine, de cheveux et de lait chez les mères, ainsi que des échantillons de sang de cordon ombilical et de méconium, et nous avons vérifié la présence d'un grand nombre de substances chimiques environnementales et de nutriments dans ceux-ci. Les études de suivi menées auprès des nourrissons et des jeunes enfants portaient sur l'association possible entre l'exposition prénatale à diverses substances chimiques et le risque d'effets indésirables sur la croissance des enfants, et sur les marqueurs potentiels de toxicité pour la reproduction (MIREC-ID), de toxicité comportementale (MIREC-CD3) et de toxicité pour le développement neurologique (MIREC-CD Plus). Les échantillons de sang et d'urine des enfants ont fait l'objet d'analyses visant à combler les lacunes en matière de données concernant plusieurs métaux, éléments et substances chimiques non persistantes (phtalates, phénols, pyréthrinoides) chez les jeunes enfants (MIREC-CD Plus). La plateforme comprend également la biobanque MIREC, constituée d'échantillons biologiques prélevés pour les recherches supplémentaires sur la santé des mères et de leurs enfants. Le projet continue de produire de nouvelles connaissances sur l'exposition cumulative aux perturbateurs endocriniens durant les premiers stades de la vie et sur les facteurs de risque potentiels pour les populations vulnérables, comme les femmes enceintes, les fœtus et les jeunes enfants. Ces connaissances sont utiles dans l'évaluation des risques et la gestion des substances chimiques. (CP : Jillian Ashley-Martin)

## **Domages à l'ADN induits par les nanomatériaux d'oxyde métallique – NOUVEAU!**

La section nanotechnologie du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles est chargée d'évaluer les risques associés aux nanomatériaux manufacturés. Les nanomatériaux d'oxyde métallique (NMOM) font partie des classes de nanomatériaux les plus utilisées dans le monde, bien que leur potentiel à induire des dommages à l'ADN dans les organismes vivants soit connu. Les essais *in vitro* à haut débit ont le potentiel d'accélérer considérablement l'analyse et la compréhension de la toxicité induite par les NMOM tout en minimisant l'utilisation globale d'animaux. Dans cette étude, le



test à haut débit CometChip a été utilisé pour évaluer le potentiel génotoxique in vitro des NMOM et de microparticules (MP) d'oxyde de cuivre (CuO), d'oxyde de zinc (ZnO) et de dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) vierges, ainsi que de cinq NP de TiO<sub>2</sub> enrobées/modifiées en surface et de chlorure de zinc (II) (ZnCl<sub>2</sub>) et de chlorure de cuivre (II) (CuCl<sub>2</sub>) après 2–4 heures d'exposition. Les expositions aux NP de CuO, aux NP et MP de ZnO et au ZnCl<sub>2</sub> ont induit une augmentation des dommages à l'ADN en fonction de la dose et du temps. Les NP de TiO<sub>2</sub> revêtues en surface de silice ou de silice-alumine et une NP de TiO<sub>2</sub> vierge de structure cristalline rutile ont également induit de subtils dommages à l'ADN en fonction de la dose. La modélisation de la concentration aux deux points de temps post-exposition a mis en évidence la contribution des espèces dissoutes à la réponse du ZnO, et le rôle de la fraction nanoparticulaire pour la génotoxicité médiée par le CuO, montrant l'impact différentiel que les fractions particulaires et dissoutes peuvent avoir sur la génotoxicité induite par les NMOM. Les résultats impliquent que la solubilité seule peut être insuffisante pour expliquer le comportement biologique des NMOM. Ces résultats seront utilisés pour informer les évaluations des risques dans le cadre du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* pour les nanomatériaux figurant sur la liste DSL en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. (CP : Sabina Halappanavar, Djordje Vladislavljevic)

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

MIREC-ENDO est la composante longitudinale actuelle de la plateforme de recherche MIREC (Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement) qui porte sur l'évolution dans le temps de la santé métabolique des mères qui participent à l'étude MIREC ainsi que sur la croissance et le développement pubertaires et la santé métabolique de leurs enfants. Les résultats de l'étude, qui combleront des lacunes majeures en matière de données, permettront à Santé Canada de mieux comprendre les conséquences potentielles de l'exposition à des perturbateurs endocriniens au cours de la petite enfance et de l'enfance sur le métabolisme, la croissance (p. ex. obésité) ainsi que le début et la progression de la puberté. Santé Canada évaluera également si l'état de santé et les expositions à des substances chimiques durant la grossesse ont des répercussions à long terme sur la santé des mères. Dans le cadre de l'étude, les chercheurs prélèvent des échantillons biologiques qu'ils soumettent à des analyses dont l'objectif est de détecter la présence d'hormones et de substances chimiques. Ils réalisent également des examens médicaux cliniques sur les mères et leurs enfants en plus de leur faire passer des questionnaires visant à recueillir des données tant sur les mères que sur la cohorte d'enfants, et ce, à des âges clés du développement pubertaire, à savoir 7–9 ans, 10–12 ans et 13–15 ans. Plus de 580 mères et enfants ont été recrutés pour la première phase de l'étude. L'équipe de recherche est parvenue à surmonter les obstacles attribuables à la pandémie de COVID-19 grâce à l'adoption d'outils de collecte de données à domicile. Les chercheurs ont analysé des échantillons d'urine prélevés au cours du premier trimestre de la grossesse, lesquels proviennent de la biobanque MIREC, pour déceler un certain nombre de nouvelles substances chimiques, dont les composés organophosphorés ignifuges, le glyphosate et des analogues du bisphénol. Préparation pour la deuxième phase de l'étude, soit le recrutement d'enfants de 10 à 12 ans, est en cours. L'étude comprend des analyses en fonction du sexe et du genre. Jusqu'à maintenant, le projet a permis l'élaboration de nouvelles méthodes d'analyse des substances chimiques émergentes et se traduit par

la production de nouvelles connaissances sur l'exposition cumulative à des mélanges de substances chimiques et leurs effets potentiels sur la santé des populations vulnérables à divers stades critiques de la vie. Ces nouvelles connaissances guideront les politiques d'évaluation et de gestion des risques. (CP : Jillian Ashley-Martin)

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

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



## **Exposition multimédia à de nouvelles substances chimiques préoccupantes substitutives et à certaines substances chimiques du PGPC3**

Santé Canada est chargé de l'évaluation et de la gestion des 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 polybromodiphényléthers [PBDE] – agents ignifuges, 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, les risques pour la santé associés à l'exposition à ces produits 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, y compris certains produits ignifuges, les composés d'ammonium quaternaire, les analogues du BPA, les plastifiants de rechange et les produits de remplacement pour les parabènes et le 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 spécimens archivés ou de nouveaux échantillons de poussière, d'eau, d'urine, de sérum, de liquide folliculaire amniotique et de tissus placentaires prélevés chez divers groupes de population et dans des résidences partout au Canada. En outre, la modélisation biologique de certains produits chimiques susmentionnés donnera un aperçu du rapport entre les concentrations mesurées dans différentes matrices et l'exposition quotidienne prévue. Les données obtenues seront utiles pour évaluer ou gérer les risques associés à ces produits chimiques, et pourraient servir à évaluer les effets possibles sur la santé et à appuyer la planification de projets de biosurveillance, y compris l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). (CP : Cariton Kubwabo)

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

L'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) est une enquête nationale menée par Statistique Canada, en partenariat avec Santé Canada et l'Agence de la santé publique du Canada. Grâce à des entrevues personnelles et à la collecte de mesures physiques, cette enquête continue fournit des données représentatives à l'échelle nationale sur divers indicateurs de l'état de santé chez les Canadiens. La composante des mesures physiques de l'enquête comprend la biosurveillance, la mesure des produits chimiques de l'environnement ou de leurs métabolites dans des échantillons de sang, d'urine et/ou de cheveux, dirigée par le Programme national de biosurveillance de Santé Canada. Les principaux jalons du programme national de biosurveillance au cours de l'exercice 2021–2022 comprenaient : 1) la publication du Sixième rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada, qui comprend des données sur 79 produits chimiques de l'environnement (p. ex. plastifiants et pesticides de remplacement) recueillis dans le cadre du cycle 6 de l'ECMS (2018–2019); 2) la publication de fiches d'information sur la biosurveillance de l'arsenic, du cadmium, du plomb,

du mercure, des SPFA, du DEHP, du bisphénol A (BPA) et des parabènes qui mettent en évidence les changements dans l'exposition des Canadiens à ces produits chimiques au fil du temps, les répartitions entre les groupes d'âge, les différences entre les hommes et les femmes, et les comparaisons entre la population canadienne et d'autres populations au Canada et aux États-Unis; 3) la publication d'un document clé évaluant les tendances temporelles de 39 produits chimiques de l'environnement mesurés à au moins trois périodes entre 2007 et 2017 dans l'ECMS; 4) l'amélioration des méthodes d'analyse pour certains produits chimiques dont la biosurveillance a priorité au cours du cycle 7 de l'ECMS, y compris une nouvelle méthode qui saisit 28 congénères de paraffine chlorés; et 5) l'achèvement de l'analyse des échantillons de la biobanque de l'ECMS pour certains produits chimiques qui devraient être mesurés dans le cycle 7 de l'ECMS, et le lancement d'un deuxième projet de biobanque visant à recueillir un cycle supplémentaire de données pour certains produits chimiques déjà mesurés, à la fois pour répondre aux besoins de données réglementaires à court terme tout en minimisant l'impact d'un retard dans le début du cycle 7 de l'ECMS. (CPs : Annie St-Amand, Tyler Pollock)

### **Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord**

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) a été établi en réponse aux préoccupations relatives à l'exposition des humains à des concentrations élevées de contaminants chez les espèces sauvages qui constituent un élément important du régime alimentaire traditionnel des Autochtones du Nord. L'objectif clé de ce programme vise à réduire, voire éliminer si possible, les contaminants dans la nourriture traditionnelle tout en fournissant des renseignements pour aider les gens et les communautés à prendre des décisions éclairées pour leur alimentation. Des études de biosurveillance et des études portant sur des paramètres de santé continuent d'être entreprises pour caractériser l'exposition humaine aux substances chimiques présentes dans l'environnement et leurs répercussions sur la population du Nord. Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord est dirigé par le ministère des Relations Couronne-Autochtones et des Affaires du Nord (RCAANC), en partenariat avec Santé Canada, Environnement et Changement climatique Canada, et Pêches et Océans Canada, ainsi qu'avec des organisations autochtones comme le Conseil circumpolaire inuit (CCI), l'Inuit Tapiriit Kanatami (ITK), la Nation Déné et le Conseil des Premières Nations du Yukon (CPNY). La Division des études sur la population de Santé Canada est coprésidente de l'équipe d'examen de la santé humaine et participe au Comité de gestion du PLCN. En 2021–2022, sept propositions de projets de santé humaine ont été financées pour aborder l'exposition aux contaminants et les liens avec les aliments traditionnels, la compréhension de la prise de décision en matière d'alimentation et le soutien à l'élaboration de matériel de communication, ainsi que l'intégration des renseignements sur les aliments traditionnels, la nutrition, la sécurité alimentaire et les messages de santé. 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 (GESH) a été établi dans le cadre du PSEA, soit un groupe d'experts par l'intermédiaire duquel une surveillance des tendances et l'évaluation des implications et des impacts des polluants sur la santé des habitants de l'Arctique sont entreprises. (CP : Cheryl Khoury)



## **Pilote du nord de l'Ontario de l'outil EnviroScreen : Une interface géospatiale interactive pour les indicateurs clés de l'état de l'environnement, de la communauté et de la santé – NOUVEAU!**

La mesure et le suivi des multiples déterminants de la santé en interaction qui sont modifiés par les activités d'extraction et d'exploitation des ressources constituent un défi dans l'évaluation fédérale de l'impact des projets désignés. La méthodologie « EnviroScreen » de la California Environmental Protection Agency intègre des données environnementales, socio-économiques et sanitaires pour quantifier les effets cumulatifs dans une optique d'éco-justice. Des projets pilotes de l'outil EnviroScreen ont déjà été mis en place au Canada, notamment en Colombie-Britannique et dans les contreforts de l'Alberta. À l'heure actuelle, cet outil est adapté au contexte du nord-ouest de l'Ontario afin de soutenir les objectifs prévus par la *Loi sur l'évaluation d'impact*, notamment l'évaluation régionale du Cercle de feu. Les travaux permettront également de déterminer les relations probables entre les indicateurs et l'attribution relative des déterminants écologiques, sociaux, économiques et comportementaux de la santé sur les résultats de santé dans les régions développées et non développées du nord de l'Ontario. (CP : Christopher Buse (Université de la Colombie-Britannique), Aurelia Thevenot, Joel Kaushansky)

## **Exposition professionnelle des pompiers d'Ottawa en service aux retardateurs de flamme halogénés et organophosphorés, ainsi qu'aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées – NOUVEAU!**

Par rapport à la population générale, les pompiers professionnels (PP) sont exposés à des risques élevés de maladies chroniques telles que le cancer et les maladies respiratoires. L'International Association of Firefighters (IAFF) a exprimé des préoccupations notables concernant les risques cancérigènes posés par les ignifugeants et les surfactants (par exemple, les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées ou PFAS). En réponse aux préoccupations de l'IAFF, Santé Canada (SC) a mis en œuvre un plan d'action visant à évaluer et à gérer les risques posés par les ignifugeants. Des recherches récentes sur la biosurveillance menées à Ottawa ont permis d'évaluer les sources et les voies d'exposition des RF aux substances cancérigènes issues de la combustion, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Un prolongement logique de ces travaux consiste à évaluer l'exposition des PP d'Ottawa aux ignifugeants et aux PFAS. Bien que certaines études aient examiné l'exposition des PP à certains ignifugeants et PFAS, aucune étude n'a donné lieu à une évaluation complète de l'exposition professionnelle liée à l'extinction d'urgence, par quart de travail, des feux de structure municipaux. Ce travail utilisera des échantillonneurs passifs (c'est-à-dire des bracelets en silicone) pour surveiller les expositions sur les lieux de l'extinction des incendies, à plusieurs endroits dans la caserne et dans les cabines des camions. La collecte et l'analyse d'échantillons de poussière de la caserne de pompiers fourniront des renseignements supplémentaires sur les sources d'exposition professionnelle. Des échantillons témoins seront prélevés dans les bureaux du Service des incendies d'Ottawa (SIO). Les échantillons de poussière et les échantillons passifs seront analysés pour un large éventail de PFAS, d'ignifugeants halogénés tels que les PBDE (polybromodiphényléthers) et les ignifugeants organophosphorés. Les résultats obtenus serviront de base à la conception d'une étude de suivi de biosurveillance visant à évaluer la dose interne

d'ignifugeants, c'est-à-dire les niveaux d'ignifugeants dans le sang ou les métabolites d'ignifugeants dans l'urine. Les résultats obtenus fourniront des connaissances précieuses sur l'exposition des PP aux ignifugeants et aux PFAS pendant les heures de travail, répondant ainsi aux préoccupations de l'IAFF et soutenant le plan d'action de SC. Les résultats seront communiqués à un large éventail d'intervenants locaux, nationaux et internationaux. (CP : Paul White)

### **Possibilités d'analyse de l'exposition aux substances chimiques dans les populations racialisées au Canada : une enquête fondée sur l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé – NOUVEAU!**

L'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) est une enquête nationale menée 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 caractéristiques sociodémographiques sont des déterminants importants de l'exposition aux produits chimiques; cependant, la race et les antécédents culturels, en tant que modificateur de l'exposition aux produits chimiques, n'ont pas systématiquement été étudiés dans le contexte canadien. À l'aide des données de biosurveillance de l'ECMS, nous effectuons une analyse raciale de l'exposition aux produits chimiques chez les Canadiens dans le but de comprendre les possibilités et les limites d'une telle analyse à partir des données de l'ECMS. Les produits chimiques suivants, qui font l'objet d'une mesure du rendement de la gestion des risques au Canada, ont été sélectionnés pour cette analyse : le plomb, le cadmium, le BPA, le DEHP et le benzène. L'évaluation initiale a confirmé que la représentation des divers sous-groupes raciaux au sein de l'échantillon de l'ECMS était conforme au recensement canadien, validant ainsi l'utilisation de l'ensemble des données de l'ECMS pour l'évaluation de l'exposition aux produits chimiques en fonction de la race. Des analyses sont actuellement en cours afin de générer des concentrations chimiques représentatives de chaque sous-groupe racial et d'évaluer les différences d'exposition aux produits chimiques ainsi que les tendances temporelles des expositions parmi les différentes populations raciales. Ces travaux comblent directement une lacune importante dans les connaissances sur l'exposition aux produits chimiques des populations racialisées au Canada et contribueront à améliorer le plan d'échantillonnage et l'analyse des données, qui pourraient être nécessaires pour effectuer une évaluation efficace des différentes populations raciales échantillonnées dans le cadre de l'ECMS. (CPs : Subramanian Karthikeyan, Annie St-Amand, Cheryl Khoury)

### **Analyse des voies d'effet – Impacts multiples de l'utilisation des terres sur les déterminants sociaux de la santé dans un contexte canadien – NOUVEAU!**

Les activités humaines dans le paysage laissent des traces durables sur la santé humaine et ses déterminants par le biais de multiples voies et processus. Ce travail utilise les méthodes de recherche de l'analyse factorielle et de la modélisation des équations structurelles pour cartographier les « voies d'effet » entre les conditions écologiques, sociales, économiques et comportementales dans le contexte du développement des ressources et des effets associés sur la santé physique et mentale. Le



modèle s'aligne sur les déterminants sociaux de la santé provisoires de Santé Canada dans le cadre de l'évaluation des effets sur la santé. Il permettra également de quantifier la force des relations entre les indicateurs pour lesquels des données sont disponibles afin de « prouver » les relations entre les variables identifiées dans le modèle conceptuel, et leurs voies de production d'effets et/ou de résultats négatifs sur la santé. Le projet aidera aussi à déterminer quels indicateurs sont les plus utiles pour prévoir et surveiller les effets sur la santé humaine des activités de développement des ressources, et où il y a des lacunes dans les données. Cela aidera Santé Canada à conseiller les décideurs sur les effets potentiels sur la santé des projets désignés en vertu de la *Loi sur l'évaluation d'impacts*. (CP : Christopher Buse (Université de la Colombie-Britannique), Aurelia Thevenot, Joel Kaushansky)

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

Santé Canada est responsable de l'évaluation et de la gestion des risques associés aux nanomatériaux fabriqués (matériaux de dimensions variant 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. (CPs : Suzanne Beauchemin, Pat Rasmussen)

### **Modélisation physiologique de la réponse immunitaire aux substances polyfluoroalkylées (PFAS) – NOUVEAU!**

Santé Canada a étudié le risque d'exposition aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) dans la population canadienne. Un lien potentiel entre des charges corporelles élevées en PFAS et l'immunosuppression humaine a été signalé dans la littérature scientifique. Des niveaux élevés de PFAS peuvent être corrélés à un risque accru de maladies infectieuses, dont la COVID-19. Bien que les souris puissent être plus sensibles que les humains à l'immunosuppression, la réponse immunitaire est similaire dans chaque espèce. La seule différence biologique connue entre les rongeurs et l'homme est l'accumulation cinétique des PFAS dans le corps. Cet effort de recherche tentera de modéliser

le comportement dose-réponse de divers PFAS dans l'eau potable et d'identifier les marqueurs potentiels d'altération des fonctions immunitaires. Une série d'expériences est en cours pour générer des données permettant de modéliser les effets plausibles chez les animaux et les cellules cultivées dans les expositions humaines quotidiennes par l'eau potable. Les expériences cinétiques fourniront des données permettant de prédire, à l'aide de simulations de modèles informatiques, la présence de PFAS dans l'organisme pour une grande variété de substances PFAS et d'analogues émergents. Des expériences sur des souris exposées aux PFAS seront utilisées pour étudier, au fil du temps et des doses, tout changement significatif dans les réponses biologiques et immunologiques telles que le poids des organes et les niveaux d'anticorps. Les modèles animaux et informatiques serviront d'outils aux organismes de réglementation et aux scientifiques pour extrapoler les résultats expérimentaux en niveau d'exposition à l'eau potable préoccupant pour les Canadiens. (CP : Andy Nong)

### **Caractérisation physicochimique et mesures de la toxicité des nanomatériaux prioritaires – NOUVEAU!**

Les nanoparticules d'oxyde métallique sont utilisées dans un large éventail d'applications commerciales, notamment les médicaments, les peintures, les produits alimentaires et les emballages, ainsi que l'électronique de pointe. Elles sont ajoutées pour leur couleur, leur texture et leur fonction et, par conséquent, l'interaction entre les humains et ces particules est omniprésente et variable, l'exposition se faisant par inhalation, par ingestion et par contact physique. Bien que des recherches considérables aient porté sur les propriétés et l'innocuité de divers matériaux, les données de caractérisation accompagnant les résultats biologiques ne suffisent généralement pas à prendre des décisions réglementaires appropriées. Les nanoparticules d'oxyde métallique présentent souvent une variabilité d'un lot à l'autre en termes de taille, de composition, de pureté et de dispersibilité. Le Conseil national de recherches (CNRC) a effectué une caractérisation physique et chimique substantielle sur un large éventail de particules d'oxyde métallique en explorant les effets de la taille, du revêtement de surface et du fabricant pour différentes familles d'oxyde métallique. Les particules en suspension dans l'eau obtenues à partir de matériaux en poudre sont souvent dépourvues de fractions nanométriques significatives. Néanmoins, ces matériaux peuvent tout de même avoir une incidence considérable sur les cellules dans les essais in vitro. Cette étude a relevé les tendances et les résultats des travaux sur les nanoparticules d'oxyde de manganèse afin d'examiner le comportement des différents oxydes de manganèse commerciaux et d'identifier les risques potentiels d'exposition. (CP : David Kennedy, Djordje Vladislavljevic)

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

La pandémie de la COVID-19 a posé des défis pour les méthodes traditionnelles de sensibilisation qui servent à aider les gens à maintenir et à améliorer leur santé. « Rebâtir en mieux » est une priorité à l'échelle du gouvernement fédéral et l'expansion de la capacité numérique grâce à l'utilisation de technologies modernes est l'un des moyens d'adapter les activités de sensibilisation. Sur la base de la littérature existante, l'apprentissage basé sur le jeu a le potentiel d'augmenter l'engagement et la



compréhension des utilisateurs. Cela peut offrir une méthode efficace pour la sensibilisation des jeunes, que le gouvernement a identifié comme un groupe prioritaire en raison de leur plus grande sensibilité biologique aux dangers pour la santé environnementale. Le Programme de santé environnementale – région d’Ontario, de la Direction générale des opérations réglementaires et de l’application de la loi, le Bureau de la transformation et l’École de la fonction publique du Canada, Laboratoire de technologie, ÉcoÉcoles Canada et VR Vision Inc. collaborent à un projet dans le cadre de l’Initiative du Fonds de solutions qui explorera l’efficacité et la faisabilité des solutions numériques outil pour accroître la sensibilisation et motiver le changement de comportement sur les risques environnementaux pour la santé chez les jeunes (13–18 ans). Les activités comprenaient un rapport de recherche sur les tendances du marché et la littérature académique et des discussions de groupe animées avec des élèves du secondaire sur l’apprentissage basé sur le jeu. Les chercheurs du projet Apollo présenteront les conclusions des activités susmentionnées au comité du Fonds de solutions à l’automne 2022 et proposeront les prochaines étapes du projet, qui pourraient inclure le développement de prototypes et des consultations avec les parties prenantes concernées. (CP : Joel Kaushansky, Phoebe Tung)

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

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

### **Outil de dépistage rapide de la perturbation des réponses au stress endocrinien liées aux origines développementales des maladies – NOUVEAU!**

Santé Canada est chargé de l’évaluation et de la gestion des risques pour la santé des Canadiens associés à l’exposition à des substances chimiques dans l’environnement. L’axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien (HHS) est essentiel à la survie. Il joue un rôle crucial dans la mobilisation des ressources pour répondre aux facteurs de stress, combattre les infections et résoudre les processus inflammatoires. Ces fonctions sont principalement médiées par l’action des hormones de stress

glucocorticoïdes, permettant à l'individu de faire face au stress et de survivre. La dérégulation ou l'altération de la fonction de l'axe HHS est associée à de nombreux processus pathologiques, notamment les maladies cardiovasculaires, les troubles métaboliques, la démence et la dépression. L'exposition à des produits chimiques environnementaux peut déclencher et/ou interférer avec la signalisation des glucocorticoïdes, ce qui nuit à la capacité de répondre de manière appropriée à d'autres facteurs de stress et augmente le risque de maladie. Par conséquent, l'évaluation de l'impact des expositions environnementales sur le système de réponse au stress est une mesure qui présente un intérêt transversal pour les effets potentiels sur la santé de la population exposée. L'évaluation des effets des produits chimiques sur les réponses au stress endocrinien nécessite toutefois un axe HHS intact et pleinement fonctionnel et une réponse de l'organisme entier. Jusqu'à présent, cela a fortement limité le potentiel de dépistage à haut débit. Les embryons de poisson zèbre ont été présentés comme un pont entre les modèles in vitro traditionnels à haut débit et les tests in vivo. Dès le cinquième jour, les embryons de poisson zèbre ont un axe HHS fonctionnel et produisent du cortisol, le même stéroïde surrénalien que les humains, en réponse à l'exposition à des facteurs de stress. En collaboration avec des chercheurs de l'Université d'Ottawa, Santé Canada mène des expériences pour établir une conception optimale, définir des protocoles pour la sélection des doses et tester la reproductibilité afin d'établir un modèle pour le dépistage rapide des produits chimiques qui perturbent la réponse au stress. Les résultats attendus comprennent un outil de dépistage rapide qui peut être appliqué à grande échelle pour évaluer les produits chimiques qui perturbent les réponses au stress et qui ne peuvent pas être facilement évalués par des méthodes in vitro traditionnelles. (CP : Vance Trudeau (Université d'Ottawa), Carole Yauk (Université d'Ottawa), Errol Thomson (SC))

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

Santé Canada est responsable de l'évaluation et de la gestion des risques associés aux nanomatériaux manufacturés. Les nanomatériaux fabriqués présentent des défis en ce qui a trait à l'identification des dangers et à l'évaluation des risques, car il existe très peu 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 de l'innocuité de ces matériaux. Par ailleurs, les nanomatériaux fabriqués 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 les nanomatériaux se retrouvent dans l'air ambiant/l'atmosphère et pourraient avoir une incidence sur la santé publique. Le projet vise à répondre aux besoins en matière d'évaluation des risques associés à la nanosilice et aux nanoparticules de dioxyde de titane, des nanomatériaux susceptibles d'atteindre l'atmosphère et d'être dommageables pour la santé humaine et l'environnement. Il est important de comprendre la toxicité des nanomatériaux pour déterminer les conséquences sur la santé attribuables aux composants des polluants atmosphériques de tailles nanométriques. Dans le cadre du présent projet, les chercheurs de Santé Canada, en collaboration avec leurs collègues d'Environnement et Changement climatique Canada et des partenaires du milieu universitaire, se pencheront sur les caractéristiques de toxicité de ces nanomatériaux dont les propriétés physiques et chimiques varient. L'influence de la composition, de la taille et des caractéristiques du revêtement de surface de ces nanomatériaux sur leur toxicité pour les



cellules épithéliales de poumon et les macrophages, ainsi que dans les cellules provenant d'échantillons de biopsies de poumons sains et malades (p. ex. fibrose kystique) est en cours d'évaluation. La capacité d'oxydation de ces particules a été déterminée. L'absorption des nanoparticules de silice amorphe par les macrophages a également été examinée. 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)

### **Criblage des substances chimiques ToxCast par un test d'inhibition de la peroxydase thyroïdienne humaine – NOUVEAU!**

Santé Canada a le mandat de cerner et de gérer les risques liés aux produits chimiques commerciaux et de remplacer les animaux dans les essais de toxicité. La thyroperoxydase (TPO) est une enzyme présente sur les cellules de la glande thyroïde dont l'activité est essentielle à la synthèse des hormones thyroïdiennes. Le programme de lignes directrices pour les essais de l'OCDE (Thyroid Scoping Effort Group, OCDE, 2014) a établi que la TPO était la cible la plus prometteuse pour mettre au point des tests de dépistage des substances chimiques perturbant la thyroïde. Malgré les efforts internationaux considérables déployés à ce jour pour mettre au point des tests de dépistage de l'activité de la TPO, il n'y a toujours pas de proposition pour ce test devant le Programme de lignes directrices de l'OCDE pour les essais. Une ligne directrice de l'OCDE promulguée, reposant sur ce test, constituerait un outil précieux pour évaluer rapidement les effets sur la biologie vulnérable conduisant à une perturbation endocrinienne. Financé dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques, ce projet a examiné 788 produits chimiques pour l'inhibition de l'activité de TPO ou pour l'activité de confusion potentielle. Les résultats seront comparés à ceux obtenus pour les mêmes produits chimiques par nos collaborateurs de l'Agence de la protection environnementale des États-Unis (EPA) à l'aide de TPO à partir de microsomes de la glande thyroïde de rat. Cet ensemble de données sera utilisé par le groupe d'experts sur les perturbations thyroïdiennes nouvellement formé du Programme des lignes directrices pour les essais de l'OCDE pour la validation des méthodes d'objets de base rapide. (CP : Mike Wade)

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

Santé Canada évalue les risques potentiels pour l'environnement et la santé publique associés à l'exposition environnementale aux substances contenues dans les produits régis par la LAD, comme les médicaments à usage humain, les produits biologiques, les médicaments vétérinaires, les cosmétiques, les aliments nouveaux, les additifs alimentaires, les produits de santé naturels et les instruments médicaux. Les données suggèrent que l'exposition chronique aux inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine (ISRS) peut affecter les organismes aquatiques. Plusieurs ISRS partagent un mécanisme d'action, y compris la fluoxétine, le citalopram, l'escitalopram, la paroxétine et la sertraline. La présente étude a évalué les effets chroniques de cinq ISRS chez deux invertébrés d'eau douce indigènes,

l'escargot de Ramshorn *Planorbella pilsbryi* et l'amphipode *Hyaella azteca*. Les tests sur les escargots comprenaient des tests de renouvellement statique allant jusqu'à 13 jours avec des masses d'œufs prélevées auprès d'adultes reproducteurs, et des tests de 7 jours avec des escargots juvéniles de 24 à 96 heures après l'éclosion. Des tests avec des embryons d'escargots ont évalué la viabilité et l'éclosion, tandis que des tests avec des escargots et des amphipodes juvéniles ont évalué la survie et la croissance. Toutes les valeurs de LAC50/CE50 variaient entre 0,1 et 2,0 mg/L. Sertraline était plus toxique que les autres composés. Il n'y avait aucune différence significative entre la toxicité du citalopram et de l'escitalopram. D'autres recherches porteront sur les effets chroniques d'un mélange d'ISRS chez les escargots d'eau douce et les amphipodes. Ces données seront utilisées directement dans les évaluations environnementales des substances figurant sur la Liste révisée des substances commercialisées (LRSC) et des nouvelles substances présentes dans les produits réglementés par la LAD qui doivent être déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)]. (CP : Dianne Hughes, Jean Grundy, Ève Gilroy)

### **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)



## Essai de nanomatériaux au moyen de modèles de toxicité utilisant le poisson zèbre – NOUVEAU!

La section Nanotechnologie du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles a demandé un projet de niveau pilote pour utiliser les modèles de toxicité normalisés utilisant le poisson zèbre du CNRC pour tester différentes classes de nanomatériaux. La phase initiale de l'étude a été conçue pour évaluer la stabilité et la solubilité de différentes classes de nanomatériaux dans les solutions d'essai utilisées pour les études sur le poisson zèbre. Onze nanomatériaux ont été évalués pour leurs propriétés dans les milieux aqueux utilisés pour les larves de poisson zèbre. Cinq nanoparticules d'oxyde métallique, le dioxyde de titane enrobé de silice, l'oxyde de cuivre, l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de nickel et l'oxyde de cérium enrobé de PVP ont été déterminés comme étant les plus stables dans la solution tampon de poisson zèbre. Ces cinq nanomatériaux ont donc été sélectionnés pour être testés à l'aide de deux tests de toxicité standard utilisant le poisson zèbre. Le premier repose sur le test de toxicité sur l'embryon de poisson (TTEP) reconnu par l'OCDE et représente une évaluation de la toxicité pour le développement. Le second est le test de toxicité générale et comportementale (TTGC) dans lequel les larves ont été exposées aux nanomatériaux à un moment où tous les principaux organes et systèmes sont développés et où les larves nagent librement. L'oxyde d'aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) était le nanomatériau le plus toxique testé, produisant une létalité et des effets phénotypiques dans les tests TTEP et TTGC, avec des défauts comportementaux concomitants. L'oxyde de cuivre (CuO) a produit un déficit d'éclosion significatif, qui pourrait être partiellement responsable des déficits comportementaux observés dans l'essai TTEP. Cette hypothèse est confirmée par l'absence de toxicité dans l'essai GBT. L'oxyde de cérium ( $\text{CeO}_2$ ) et l'oxyde de nickel (NiO) n'ont montré aucun effet. L'exposition au dioxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ ) n'a pas non plus montré d'effet pour aucun des tests, si ce n'est une légère diminution de la première transition lumière-obscurité pour les deux tests. Ces résultats montrent que les modèles de poisson zèbre sont appropriés pour tester la toxicité des nanomatériaux et fournissent une plateforme pour de futures études. (CP : Lee Ellis, Djordje Vladislavljevic)

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

Santé Canada évalue 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, et pour intégrer l'innovation scientifique dans l'évaluation et la gestion des risques liés aux nouvelles substances. Les 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. Les objectifs de cette étude sont d'évaluer des modèles de poisson-zèbre qui pourraient fournir des renseignements sur l'exposition à long terme à cinq ISRS différents à des concentrations présentes dans l'environnement et sur les conséquences potentielles d'une telle exposition d'un point de vue global (systèmes). Des études antérieures ont testé le profil concentration-réponse de cinq ISRS sur le comportement larvaire du poisson-zèbre seul et en mélanges. La présente étude visait à déterminer si l'exposition prolongée des poissons juvéniles et adultes à des

concentrations d'ISRS proches de celles présentes dans l'environnement aurait une incidence sur la croissance, le comportement et le comportement reproductif normaux des poissons. Bien qu'aucune différence n'ait été observée en ce qui concerne la croissance ou le rapport de masculinité, les poissons exposés à l'ISRS ont montré des comportements suggérant une diminution du niveau d'anxiété et de stress. L'exposition aux ISRS a eu un effet important sur trois mesures liées à la reproduction, ce qui donne à penser que l'exposition aux ISRS réduit le taux de reproduction des poissons. Dans l'ensemble, bien qu'il ne semble pas y avoir d'effet phénotypique évident sur les poissons, les ISRS semblent avoir un effet anxiolytique ainsi qu'un effet sur leur reproduction. Les données obtenues seront directement utilisées dans les évaluations environnementales des ISRS qui figurent sur la LRSC. Elles serviront également à déterminer la faisabilité d'un processus d'évaluation des risques cumulatifs pour les substances déclarées en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCPE). (CP : Lee Ellis, Dianne Hughes)

### **L'association entre les concentrations sanguines de PFAS et les tests biochimiques et hématologiques reflétant la fonction des organes chez les participants à l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) – NOUVEAU!**

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) sont des substances chimiques d'origine humaine couramment utilisées dans de nombreux produits de consommation et industriels comme les emballages alimentaires, les produits ménagers (ustensiles de cuisine, tapis, textiles et cuir), les peintures et les mousses anti-incendie. Ils sont persistants, repoussent l'huile et l'eau, et sont résistants à la chaleur. Les PFAS ne se décomposent pas facilement et peuvent rester et s'accumuler pendant une longue période. Il existe des preuves dans la littérature scientifique que l'exposition aux substances PFAS peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine. Cette recherche permettra de vérifier l'association entre les concentrations plasmatiques de PFA, et la numération des cellules sanguines et les tests sanguins de la fonction thyroïdienne, hépatique et rénale, ainsi que les tests reflétant les valeurs du diabète et le contrôle du glucose et les lipides sériques. À cette fin, on utilisera les données des cycles 1, 2 et 5 de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS), une enquête nationale représentative de la population canadienne, qui contient tous les renseignements nécessaires à notre étude. Si des associations significatives sont trouvées, cela fournirait des preuves montrant que les PFAS, à des niveaux trouvés dans la population canadienne, peuvent affecter la fonction des organes vitaux, et justifierait d'autres études de biosurveillance sur les niveaux d'exposition aux PFAS dans divers milieux environnementaux (p. ex. aliments, air, eau potable, sol) et dans les tissus humains. Ces renseignements devraient intéresser les personnes qui participent à la réglementation des PFAS. Cette étude s'inscrit dans le cadre du mandat de Santé Canada qui consiste à réduire les effets négatifs des expositions environnementales sur la santé des Canadiens par la recherche. (CP : Sabit Cakmak, Bob Dales)



## L'impact 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 PGPC. Le comportement toxicologique des nanomatériaux est étroitement lié à leurs propriétés physiques et chimiques distinctes. Cette recherche vise à étudier l'influence 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'agglomération et l'agrégation, la surface spécifique et la charge de surface) des nanomatériaux dispersés dans différents milieux aqueux. Bien que la solubilité des nanomatériaux soit reconnue comme l'une des principales propriétés devant être déterminées pour catégoriser exactement 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 pour la coopération et le développement économiques (OCDE). (CP : Pat Rasmussen; Sabina Halappanavar; Suzanne Beauchemin)

## Modernisation de l'évaluation des risques : une nouvelle approche méthodologique pour la détection intégrée des substances chimiques génotoxiques – NOUVEAU!

Les nouvelles approches méthodologiques (NAM) désignent les méthodes et les analyses émergentes, considérées comme synonymes de méthodes de rechange, qui peuvent fournir des données pour l'évaluation des risques liés aux produits chimiques en l'absence de données toxicologiques classiques dérivées d'essais sur les animaux. À l'heure actuelle, conformément aux efforts visant à réduire les essais sur les animaux, des efforts considérables sont déployés à l'échelle internationale pour mettre au point des méthodes fondées sur les NAM qui fourniront des données sur les critères d'effet réglementaires. L'évaluation de la génotoxicité est une composante essentielle de toutes les évaluations de la sécurité chimique. Le présent projet vise à appuyer l'application de données de génotoxicité in vitro (en dehors d'un organisme vivant), 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. Des essais de génotoxicité in vitro plus récents et à plus

haut débit (c'est-à-dire les NAM GENETOX), dont beaucoup fournissent également de l'information mécanistique, offrent une approche puissante pour déterminer des concentrations de référence de haute précision pour le classement de la puissance et l'évaluation des risques. Afin d'obtenir un contexte de dose humaine à partir des résultats d'essais in vitro, nous utilisons une approche appelée extrapolation in vitro à in vivo (EVIV). À l'aide d'EVIV, nous convertissons une concentration qui provoque un effet génotoxique dans les cellules exposées (c.-à-d. la bioactivité in vitro) en une dose qui devrait causer un effet chez les humains à l'aide de méthodes de calcul à haut débit. Des travaux antérieurs ont démontré que l'application de l'EVIV aux données de bioactivité in vitro peut fournir des points de départ qui protègent la santé humaine, mais il n'y a pas eu d'évaluation de la performance de ces modèles avec les NAM de génotoxicité. Une étude de cas approfondie est en cours afin d'examiner l'utilité de l'approche de génotoxicité fondée sur les NAM pour l'évaluation des risques et le processus décisionnel réglementaire. Plus précisément, une analyse quantitative des résultats des essais NAM GENETOX couplés à l'application de modèles EVIV de complexité variable sera effectuée pour établir les doses équivalentes administrées chez l'humain (DEA). Ces DEA dérivées de NAM seront comparées aux points de départ des études animales traditionnelles de génotoxicité, ainsi qu'aux estimations de l'exposition humaine. Une fois établie, cette approche intégrée pourrait être appliquée au dépistage systématique des substances chimiques, à l'établissement de priorités ou à l'évaluation des risques connexes. (CP : Alexandra Long, Paul White, Marc Beal)

### **Extrapolation toxicocinétique pour le criblage à haut débit de substances chimiques pro-mutagènes – NOUVEAU!**

Santé Canada a étudié les applications de nouvelles méthodes de remplacement pour la prochaine génération d'évaluation des risques. Des écrans et des contenus de tests de toxicité à haut débit sont utilisés pour prédire les changements biologiques potentiels menant à des effets nocifs sur la santé. Des données cinétiques ont été générées pour plus d'une centaine de substances chimiques qui aident à convertir les concentrations entraînant des effets toxiques dans les cellules en doses d'exposition quotidienne pour la population canadienne. En raison de la configuration des expériences précédentes, des hypothèses ont été formulées que les changements biologiques étaient causés par la forme parentale de la substance chimique. Cependant, de nombreux produits chimiques environnementaux subissent une transformation métabolique ou chimique dans l'organisme avant de provoquer des effets nocifs. Cette étude propose donc d'examiner l'activation des substances chimiques à l'origine des effets toxiques génétiques. L'effort de recherche comprend l'utilisation de modèles informatiques pour simuler la transformation biologique de ces produits chimiques mutagènes en une forme active. Les données seront recueillies par le biais du progiciel de simulation toxicocinétique à haut débit de l'EPA des États-Unis, d'études d'exposition animale publiées et d'expériences réalisées au Computational Toxicology Laboratory. Les chercheurs compareront la forme métabolique activée prédite des substances chimiques sur la base des différentes formes de données recueillies. La présente étude pilote fournira un cadre pour aider à prédire les substances chimiques mutagènes actives sur le plan métabolique et identifiera les lacunes potentielles en matière de données pour des classes plus larges de substances chimiques, lacunes qui pourront être comblées dans le cadre d'une recherche exhaustive de plus grande envergure. (CP : Andy Nong)



## **Tendances des concentrations de substances chimiques dans l'environnement au sein de la population canadienne : Analyse des données de biosurveillance humaine de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé – NOUVEAU!**

Les données de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) établissent les concentrations de base des substances chimiques environnementales dans la population générale. Deux études distinctes cherchent à évaluer les tendances temporelles des expositions aux substances chimiques environnementales dans la population canadienne. La première étude utilisant les données des 5 premiers cycles de l'ECMS (2007–2017) a identifié 39 substances chimiques qui ont été mesurées dans le sang ou l'urine dans au moins trois cycles et dont le taux de détection était supérieur à 50 % dans la population canadienne. Des tendances linéaires statistiquement significatives ont été notées à travers les cycles pour 21 produits chimiques. Une tendance à la baisse a été observée pour 19 substances chimiques appartenant à divers groupes chimiques, notamment les métaux et les éléments traces, les phénols et les parabènes, les pesticides organophosphorés, les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées, et les plastifiants. Des tendances à la hausse ont été observées pour deux métabolites de pesticides pyréthroïdes. Aucune tendance significative n'a été observée pour les 18 autres substances chimiques, à savoir l'arsenic, le mercure, le fluorure, l'acrylamide, les composés organiques volatils et les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Les résultats ont été publiés sur <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106678>. La deuxième étude a comparé les tendances temporelles des concentrations de plomb, de cadmium et de mercure dans le sang total et les globules rouges (GR) au Canada et aux États-Unis à l'aide des données de l'ECMS (2007–2017) et de l'enquête nationale sur l'examen de la santé et de la nutrition des États-Unis (1999–2018). Pour les concentrations de plomb et de cadmium dans le sang et les globules rouges aux États-Unis et au Canada, et pour le mercure dans le sang et les globules rouges aux États-Unis, des tendances à la baisse statistiquement significatives ont été observées dans la population totale âgée de 3 à 79 ans ainsi que dans la plupart des sous-groupes d'âge et de sexe. Pour le mercure dans le sang et les globules rouges au Canada, les tendances à la baisse étaient limitées à certains sous-groupes d'âge-sexe adultes. Il n'y avait pas de différences significatives dans les variations annuelles en pourcentage pour les trois métaux entre les deux pays. Un manuscrit décrivant les résultats est en préparation. La collecte continue de données nationales de biosurveillance est nécessaire pour suivre les tendances des expositions au fil du temps, ce qui peut à son tour informer les mesures de performance de la gestion des risques. (CP : Tyler Pollock, Subramanian Karthikeyan, Annie St-Amand)

## **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 (BS) portés par 22 participants. Cependant, les principales lacunes de l'étude publiée étaient l'absence de valeurs concernant l'absorption ainsi que le contact continu entre le BS 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 BS, 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)

### **Utilisation des profils d'expression génique pour faciliter la lecture croisée des données pour les PFAS et les mélanges de PFAS prioritaires – NOUVEAU!**

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) 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 PFAS par les milieux naturels (p. ex. eau, sol) et les aliments provoque 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 (PFOS) et de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), on sait peu de choses sur les nombreuses autres PFAS. Santé Canada considère l'analyse de la toxicité des PFAS comme une priorité de recherche. À ce jour, plus de 3 000 PFAS ont été identifiées; il est établi qu'elles ne pourront pas toutes être analysées pour calculer des valeurs fondées sur des critères de santé. Par conséquent, Santé Canada a dressé la liste des 23 PFAS qui représentent le mieux les diverses compositions chimiques de l'ensemble des PFAS et, surtout, qui ont été observées dans l'eau potable canadienne ou peuvent être détectées dans l'eau potable. L'acquisition d'information sur les substances peu étudiées aux fins des évaluations 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 les évaluations 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 pouvant réduire le coût et la durée des évaluations des substances chimiques. La présente recherche fait appel aux profils d'expression génique d'hépatocytes humains en culture pour faciliter l'évaluation de diverses PFAS.



Les objectifs visés englobent les suivants : 1) mettre en application les données sur l'expression génique pour produire de l'information sur les modes d'action des PFAS et pour faciliter la lecture croisée dans le cadre de l'évaluation des risques pour la santé humaine; 2) caractériser le comportement des PFAS dans les mélanges; 3) utiliser les données comme une étude de cas pour l'application de NAM à l'évaluation des risques. (CP : Ella Atlas)

### **Utilisation du profilage de l'expression génique pour l'évaluation de la puissance et du mode d'action des mélanges de bisphénols – NOUVEAU!**

Les Canadiens sont exposés quotidiennement à une variété de substances chimiques d'origine humaine, dont les bisphénols. Les bisphénols sont des substances chimiques utilisées dans l'industrie des plastiques et sont présents dans de nombreux produits de consommation tels que les emballages alimentaires, les bouteilles en plastique, les mastics dentaires, le papier thermique, etc. Par conséquent, les humains sont exposés par inadvertance à ces substances chimiques. Le bisphénol A (BPA) a été l'une des premières substances chimiques à imiter l'hormone œstrogène et a été associé à de nombreux effets néfastes sur la santé dans de nombreuses études. En raison des inquiétudes du public, le BPA a été remplacé par d'autres bisphénols structurellement similaires. Auparavant, notre laboratoire a examiné la puissance et le mode d'action de 17 bisphénols individuels en utilisant des cellules en culture et le profilage de l'expression génique. Cependant, en réalité, les humains sont exposés à des mélanges de ces bisphénols. Les expériences proposées ici s'appuient sur nos données existantes pour examiner les effets des bisphénols dans les mélanges. Cette étude permettra de déterminer si la puissance et les profils d'expression génique des bisphénols changent lorsque les cellules sont traitées avec des combinaisons et des concentrations de substances chimiques réalistes sur le plan environnemental. Le projet applique de nouvelles approches méthodologiques (NAM) pour fournir des données critiques sur la toxicité pour l'évaluation des risques des bisphénols. (CP : Ella Atlas)

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

Le bisphénol A (BPA) est un perturbateur endocrinien qui est une préoccupation d'ordre réglementaire et public. Il est interdit dans les produits destinés aux consommateurs, comme les biberons (au Canada) et le papier thermique (Union européenne). Ces mesures réglementaires ont favorisé l'utilisation de substances de remplacement, dont un grand nombre sont semblables au BPA sur le plan chimique. Les bisphénols et des substances de remplacement ont été mis à l'épreuve à l'aide d'une nouvelle approche méthodologique (NAM) qui emploie des méthodes *in silico* et *in vitro*. Les effets du BPA sur les cellules sont principalement dus à son interaction avec les récepteurs des œstrogènes. Lorsqu'ils sont activés, les récepteurs des œstrogènes interagissent avec l'ADN et modifient l'expression génique. Les altérations de l'expression génique constituent donc le premier effet toxique du BPA sur les cellules qu'il est possible de mesurer de façon fiable. Dans le cadre de ces travaux, 25 substances de remplacement du BPA ont été analysées sur les points suivants : i) la toxicité systémique générale (sans égard aux dangers) qui ne permet pas de prédire les effets négatifs potentiels précis; ii) l'expression

génique liée à la voie des récepteurs des œstrogènes. Les objectifs étaient les suivants : (1) dériver une valeur qui représente le seuil de bioactivité pour les essais in vitro définis pour la toxicité systémique générale et l'activation de l'ER; (2) utiliser l'extrapolation in vitro à in vivo (IVIVE) pour convertir les concentrations in vitro en valeurs de dose de substitution pertinentes pour l'homme; (3) démontrer la capacité des valeurs fondées sur le NAM à servir d'estimations de la limite inférieure (c.-à-d. protectrices) en comparant ces résultats aux études in vivo (c.-à-d. sur les animaux) disponibles. À l'aide d'une approche fondée sur le poids de la preuve, les données in vitro ont été combinées à des prévisions in silico pour caractériser les dangers potentiels en comparant les puissances relatives des produits chimiques de ce groupe et en identifiant des substances spécifiques comme perturbateurs endocriniens potentiels. Ces données ont contribué à l'établissement d'une approche intégrée en matière d'essais et d'évaluation par le Groupe de travail sur l'évaluation des dangers de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), qui a pour objectif principal de faire avancer l'application des NAM dans la priorisation et l'évaluation des risques. (CP : Anthony Reardon, Ella Atlas)

### **Validation du modèle du poisson-zèbre (*Brachydanio rerio*) en tant que 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, 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, et pour intégrer l'innovation scientifique dans l'évaluation et la gestion des risques liés aux nouvelles substances. En 2018, compte tenu de la volonté de la communauté internationale de réglementation d'éliminer les essais sur les animaux dans l'évaluation des risques liés aux substances chimiques, Santé Canada (SC), en collaboration avec le Conseil national de recherches Canada (CNRC), a entrepris des recherches pour mettre au point le modèle du poisson-zèbre comme solution de rechange potentielle au modèle du rongeur pour la génération de données destinées à l'évaluation des risques des substances chimiques. Ces travaux ont mené à la publication du profil de toxicité de 20 composés sélectionnés par SC à l'aide de deux modèles internes d'essais de toxicité pour le poisson-zèbre, le test de toxicité de l'embryon de poisson et le test de toxicité générale et comportementale. Après l'évaluation phénotypique de la toxicité, nous avons développé un pipeline d'analyse transcriptomique qui a démontré que les composés analysés activent des voies moléculaires similaires à celles trouvées chez les vertébrés supérieurs ainsi que de nouvelles voies toxicologiques qui n'ont pas été précédemment rapportées. De plus, en utilisant dosage de référence, nous avons démontré que les points de départ transcriptomiques (PDT) représentent une mesure plus sensible aux fins de l'évaluation des risques que le profilage phénotypique. En plus d'appuyer les activités d'évaluation des risques de SC, un résultat potentiellement important de cette recherche continue est la contribution collaborative à des projets internationaux de validation du Mouvement des pays non alignés, y compris l'initiative PNT ESAPZT (Programme national de toxicologie; Évaluation systématique de l'application du poisson-zèbre en toxicologie), le groupe d'experts des tests de neurotoxicité



développementales de l'OCDE et une étude de cas dans le cadre de l'ARERC (accélérer le rythme de l'évaluation des risques chimiques) . Grâce à ces collaborations, cette recherche servira à faciliter les 3R dans l'évaluation des risques chimiques alors qu'elles relient la transition des essais traditionnels sur les animaux aux MNA et, par conséquent, à renforcer l'engagement collaboratif de SC envers la communauté réglementaire internationale. (CP : Lee Ellis, Cindy Woodland)

### **Virulence des *Acinetobacter baumannii* opportunistes dans les mélanges microbiens liés aux biotechnologies – NOUVEAU!**

La section de la biotechnologie du Bureau de l'évaluation et du contrôle des substances nouvelles a connu un nombre croissant de notifications liées à des mélanges de micro-organismes destinés à être utilisés dans des applications biotechnologiques. Selon la réglementation actuelle, chacun des micro-organismes inclus dans un mélange doit être signalé individuellement aux organismes de réglementation (soit un signalement par micro-organisme), ce qui est astreignant et coûteux. En outre, notre compréhension de la manière dont les agents pathogènes peuvent exprimer leur virulence dans des mélanges microbiens approuvés pour une utilisation en biotechnologie par rapport à leurs cultures homogènes est très incertaine. L'agent pathogène *Acinetobacter baumannii* (Ab) a été utilisé comme exemple pour démontrer comment les mélanges microbiens destinés aux biotechnologies peuvent masquer la virulence pendant la coculture. Pour ce faire, la virulence de Ab en culture pure a été comparée à celle de Ab ajouté à douze bactéries non dangereuses et approuvées pour une utilisation en biotechnologie. *A. baumannii* a montré un avantage pour la croissance à des températures plus élevées (37°C, 42°C) par rapport aux bactéries biotechnologiques. La présence des bactéries biotechnologiques n'a pas modifié la cytotoxicité des cellules pulmonaires A549 induite par Ab, ce qui est cohérent avec l'adaptation de l'agent pathogène à la croissance à 37°C. Cependant, la survie de Ab était significativement réduite en présence de bactéries biotechnologiques en utilisant un test de destruction des macrophages J774A.1, ce qui suggère que la virulence de Ab est supprimée dans ces conditions. Cette recherche postule que si un produit biotechnologique devait contenir de l'Ab, l'évaluation de la virulence d'un mélange microbien biotechnologique entier pourrait ne pas être équivalente à celle de chaque microbe testé séparément. Grâce à des études de suivi, elle contribuera à l'élaboration de mises à jour des orientations réglementaires sur les soumissions de produits issus de la biotechnologie microbienne, et permettra de mieux comprendre l'interaction complexe des agents pathogènes avec d'autres micro-organismes. (CP : Azam Tayabali, Valar Anoop)

# PESTICIDES

## **Élaboration d'un cadre de production de rapports à l'appui d'une justification de dérogation pour les études sur le cancer dans l'évaluation des risques liés aux pesticides – NOUVEAU!**

Les études sur le cancer chez les rongeurs sont exigées par les organismes de réglementation pour évaluer le potentiel cancéral des pesticides. Certaines limites de ces études ont été mises en évidence au cours des dernières années, comme le manque de pertinence humaine pour certains aspects de ces études. Par conséquent, le projet Repenser l'évaluation de la cancérogénicité des produits agrochimiques (RECAAP) a été lancé par des experts de différents secteurs, y compris le milieu universitaire, des organisations non gouvernementales, des intervenants de l'industrie et des organismes de réglementation comme l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada. L'objectif du RECAAP était d'élaborer un cadre de déclaration fondé sur le poids de la preuve qui pourrait être utilisé pour élaborer des justifications de dérogation pour les études sur le cancer, tout en réalisant des évaluations des risques de protection de la santé. Un cadre de rapport a été rédigé à l'aide de l'information accessible au public pour structurer une évaluation du malheur afin de déterminer le type d'information nécessaire pour appuyer une justification de renonciation pour l'étude sur le cancer. À l'aide de ce projet de cadre, RECAAP a évalué 15 pesticides avec des profils chimiques couvrant 10 types de tumeurs et 15 classes chimiques. Le groupe de travail a utilisé une approche itérative pour peaufiner le cadre proposé, en intégrant la rétroaction réglementaire pour identifier les informations critiques à prendre en compte dans une détermination woe de la nécessité d'études sur le cancer chez les rongeurs. L'analyse des 15 études de cas a permis l'élaboration du cadre de rapport final à l'appui d'une justification de renonciation à l'étude sur le cancer. Le cadre comprend de l'information sur les profils d'utilisation, les scénarios d'exposition, le mode d'action des pesticides et des mammifères, les propriétés physicochimiques, le métabolisme, la toxicocinétique, les données toxicologiques, y compris les données mécanistes, et la lecture croisée des produits chimiques de pesticides homologués similaires. Le cadre fournit une structure pour organiser l'information critique existante qui pourrait être utilisée par un organisme de réglementation pour prendre une décision fondée sur le risque de renoncer aux études sur le cancer chez les rongeurs pour un pesticide. L'effort du RECAAP complète d'autres initiatives de collaboration en cours visant à améliorer la qualité des évaluations des risques liés aux pesticides, et le cadre offre l'occasion d'harmoniser à l'échelle mondiale les besoins en données et les évaluations. (CP : D. Ramsingh, C. Adcock)

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

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est chargée de réglementer les pesticides au Canada au titre de la Loi sur les produits antiparasitaires (LPA). La hausse de la production de canneberges au Canada s'est accompagnée d'une hausse des demandes d'homologation de pesticides destinés au traitement des canneberges. La production de canneberges est particulière, car elle combine des processus relativement humides et secs. Les champs de



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

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

L'Absorption cutanée (AC) est utilisée par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada comme facteur de correction pour déterminer l'exposition professionnelle et résidentielle aux pesticides lorsqu'un effet par voie orale est utilisé pour l'évaluation du risque d'exposition par voie cutanée. AC reflète la quantité de produit chimique absorbée dans le corps à travers la peau. L'ARLA a généralement sélectionné des valeurs d'AC à partir d'études d'AC in vivo, ou d'études de « triple paquet » de rats in vivo, de peau de rat in vitro et de peau humaine in vitro. Les études d'AC in vitro n'ont pas été considérées comme suffisamment robustes ou validées pour déterminer une valeur d'AC pour l'évaluation des risques liés aux pesticides. Pour répondre à ces préoccupations, l'ARLA a collaboré avec d'autres organismes de réglementation internationaux, l'industrie, le milieu universitaire et des organisations non gouvernementales. Cette initiative mondiale pluriannuelle comprenait des ateliers, une analyse rétrospective de 30 études d'AC « triple pack » et le développement d'une méthode d'AC in vitro standard. Cette méthode AC complète les lignes

directrices d'essai actuelles et réduit la variabilité des résultats entre les études. L'analyse rétrospective des données d'AC « triple pack » a validé les résultats d'études in vitro d'AC menées selon cette méthode normalisée. Les résultats ont également démontré que l'AC de la méthode in vitro normalisée chez le rat est prédictive de l'AC in vivo chez le rat. Par conséquent, par extrapolation, des méthodes in vitro utilisant le tissu humain ont été considérées comme prédictives du AC humain in vivo. À la suite de ces travaux, les préoccupations relatives à l'utilisation d'études d'AC in vitro uniquement pour l'évaluation des risques des pesticides ont été abordées. L'ARLA accepte maintenant les études d'AC in vitro pour la plupart des évaluations des risques liés aux pesticides. Les études in vivo et « Triple pack » continueront également d'être acceptées par l'ARLA (p. ex. lorsqu'elles sont déjà disponibles) et pourraient être requises dans des circonstances particulières. (IP : K. Irwin; S. Ramji)

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

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



## Mise à jour sur l'approche de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire à l'égard des essais non sur les animaux

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est responsable de la réglementation des produits antiparasitaires au Canada. L'examen réglementaire de l'innocuité des pesticides, au Canada et à l'étranger, repose actuellement principalement sur des études sur les animaux. Au fil des ans, et comme moyen de réduire, de raffiner ou de remplacer les études existantes sur les animaux, des approches alternatives non basées sur les animaux ont été et continuent d'être développées. Le cadre réglementaire canadien pour les produits antiparasitaires dispose d'une souplesse suffisante pour permettre l'intégration d'approches de rechange validées, comme les méthodes *in silico* (modèles [quantitatifs] de relation entre la structure et l'activité (R[Q]SA)), les approches intégrées d'essai et d'évaluation, les voies de résultats indésirables et les approches Tox21 et RISK21. Plus récemment, l'examen de nouvelles méthodologies d'approche est également venu au premier plan et cela a relancé les discussions sur le rythme actuel de l'intégration des méthodes alternatives dans les approches réglementaires existantes pour les produits chimiques, qui comprennent les pesticides. Comme l'acceptation mondiale de telles approches souligne l'importance d'avoir des lignes directrices techniques reconnues à l'échelle internationale, comme celles élaborées par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'ARLA continue de participer activement à plusieurs initiatives multipartites en cours. Compte tenu de l'importance de la sécurité et de la protection des personnes, lorsqu'on envisage d'autres approches, un examen scientifique rigoureux, y compris la validation, de ces méthodes est nécessaire afin de faciliter leur adoption à des fins réglementaires. (CP : Y. Bhuller, D. Ramsingh)

# MÉDICAMENTS PHARMACEUTIQUES

---

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

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



# RADIOPROTECTION

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

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

## **Un résumé des enquêtes sur le radon résidentiel et de l'influence des caractéristiques du logement sur les concentrations de radon à l'intérieur du Canada – NOUVEAU!**

Le radon est un cancérogène connu qui peut s'accumuler à l'intérieur des maisons et des bâtiments et est la principale cause de cancer du poumon au Canada pour les non-fumeurs. Dans le cadre du mandat d'assurer la santé et la sécurité des Canadiens, le Programme national sur le radon de Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens des risques que présente le radon pour la santé et à surveiller les tendances de l'exposition. Cette étude calcule les concentrations moyennes de radon dans les maisons au Canada, par province, en combinant les données recueillies par Santé Canada et les données des enquêtes communautaires publiées dans la littérature scientifique au cours des 15 dernières années. De plus, l'étude revisite les données recueillies dans le cadre de l'Enquête pancanadienne sur le radon (2012) afin d'évaluer les liens entre les caractéristiques du logement et les concentrations de radon à l'intérieur. Par exemple, les données de l'Enquête pancanadienne indiquent que les concentrations de radon dans les maisons au sous-sol sont, en moyenne, environ deux fois plus élevées que les concentrations de radon dans les maisons sans sous-sol, et que les maisons avec des puits privés ont tendance à avoir des concentrations de radon plus élevées que les maisons sur un approvisionnement en eau municipal. Cette information est précieuse pour identifier les populations où le risque de radon est élevé et pour élaborer des stratégies pour aider les Canadiens à gérer leur exposition. Article publié dans Health Physics, juin 2021. (IP: Jing Chen)

## Élaboration d'un essai de dosimétrie biologique

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

## Évaluation des effets biologiques de l'exposition à une lumière semi-conductrice de différentes longueurs d'onde sur des cellules de cristallin et de rétine humaines en culture – NOUVEAU!

Santé Canada a un mandat qui comprend l'évaluation et la gestion des risques liés aux dispositifs émettant des rayonnements. Ce projet examine l'activation d'un certain nombre de voies biochimiques dans l'œil suite à l'exposition à des longueurs d'onde spécifiques provenant d'une source lumineuse à semi-conducteurs, semblable à celle des technologies actuelles de diodes électroluminescentes (DEL). Cette étude permet d'évaluer les effets biologiques de l'exposition à la lumière des DEL et de combler les lacunes dans les connaissances concernant les menaces oxydatives potentielles pour l'œil, en particulier la lumière bleue à haute énergie qui constitue une composante importante de l'émission de lumière blanche des diodes. Ce point est important car des études ont montré que le stress oxydatif dû à la lumière bleue peut entraîner une diminution de l'opacité du cristallin, ce qui peut conduire à la formation de cataractes, l'une des principales causes de cécité dans le monde. De même, une exposition chronique et excessive à la lumière peut entraîner une perte de la vision, car la partie centrale de la rétine, appelée macula, se détériore, entraînant une dégénérescence maculaire. Pour combler ce manque de connaissances, des lignées cellulaires humaines provenant du cristallin et de la rétine de l'œil ont été exposées à une dose pertinente de lumière DEL de différentes couleurs (blanche, bleue (470 nm), verte (530 nm) et rouge (625 nm)), puis évaluées 4 heures plus tard afin de détecter les changements dans l'expression des protéines. Cette recherche appuiera la caractérisation des dangers et les évaluations dose-réponse nécessaires pour caractériser les risques liés aux dispositifs émettant de la lumière visible et des rayons UV. (CP : Sami Qutob)



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

Santé Canada s'est engagé à informer les Canadienne.s à propos du risque pour la santé lié au radon. La présente étude, menée par Evict Radon, comprend l'élaboration, l'exécution et l'évaluation de plusieurs nouvelles stratégies de communication conçues pour renforcer la sensibilisation à l'égard du radon, promouvoir les tests de dépistage et encourager les mesures d'atténuation du risque lié au radon pour les Canadiennes âgées de 25 à 38 ans. Les données probantes laissent entendre que les stratégies de sensibilisation actuelles à l'égard du radon ne rejoignent pas efficacement les jeunes Canadiennes. Les données recueillies dans le cadre d'études antérieures indiquent que les tactiques de communication, comme les approches fondées sur les médias imprimés ou le cycle médiatique fonctionnent bien avec les groupes d'âge plus âgés, mais peu avec les populations plus jeunes (personnes âgées de 25 à 38 ans). Une meilleure stratégie de communication pour ces groupes démographiques est nécessaire pour aider Santé Canada à accroître l'efficacité de ses campagnes d'éducation et de sensibilisation liées au radon. La population plus jeune du Canada est plus susceptible de répondre à des conseils obtenus par des recommandations entre pairs, présentés par le biais d'histoires transitoires et de publications sur les plateformes de médias sociaux. Au moins trois stratégies de communication différentes feront l'objet de projets pilotes au cours de l'automne 2020 et 2021. Des enquêtes de suivi et une analyse plus approfondie, y compris des données démographiques, auront lieu en 2022. Pour chaque stratégie de communication, des données relatives à la prise de conscience, aux aspects psychosociaux et aux comportements seront compilées, et une enquête démographique détaillée des participantes sera réalisée. Cette étude contribuera à la tâche continue d'informer les Canadiennes sur les risques pour la santé liés au radon. Elle contribuera également à concevoir des campagnes de sensibilisation à l'avenir. Les résultats préliminaires indiquent que cette campagne semble avoir réussi à multiplier par 5 ou 6 l'engagement du public. En outre, ils indiquent qu'ils sont plus jeunes par rapport aux participants qui ont été recrutés l'année précédente. Les données complètes sur l'âge et le sexe seront disponibles plus tard en 2022. (CP : Madison Pecoskie; Evict Radon, Dr. Goodarzi University of Calgary)

## **Évaluation des stratégies d'atténuation du radon dans l'environnement canadien**

Dans le cadre de son mandat visant à assurer la santé et la sécurité des Canadiens, Santé Canada s'est engagé à informer les Canadiens à propos du risque pour la santé lié au radon. L'exposition au radon dans l'air intérieur est la principale cause de cancer du poumon chez les non-fumeurs et la deuxième cause de cancer du poumon chez les fumeurs. Le radon s'infiltré dans les résidences sous la forme d'un gaz et se désintègre rapidement en plusieurs radio-isotopes à courte durée de vie. Santé Canada et le Groupe de la ventilation et de la qualité de l'air intérieur du portefeuille Construction du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) collaborent 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). 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. Les résultats préliminaires indiquent qu'il s'agit de solutions efficaces de réduction du radon dans des conditions d'essai. 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, Adeline Gaw)

### **Évaluation de la contribution du thoron à l'exposition au radon à l'intérieur des bâtiments au Canada – NOUVEAU!**

Radon est un cancérigène connu qui peut s'accumuler à l'intérieur des maisons et des bâtiments et est la principale cause de cancers du poumon au Canada pour les non-fumeurs. Bien que la source la plus répandue de radon soit la chaîne de désintégration de l'uranium 238, qui produit l'isotope radon-222 (« radon »), le radon 220 (« thoron ») produit par la chaîne de désintégration du thorium 232 peut contribuer de façon importante à la dose totale de radon dans certaines circonstances. Les dommages causés au tissu pulmonaire par le radon ou le thoron sont causés par des émetteurs alpha à courte durée de vie qu'ils produisent. Pour quantifier les contributions relatives, un certain nombre d'enquêtes ont été menées dans 34 régions métropolitaines canadiennes entre 2007 et 2013, couvrant 71 % de la population canadienne. La présente étude résume ces données, provenant d'un total de 3 534 maisons résidentielles, afin de fournir de l'information sur les caractéristiques de distribution du thoron au Canada et d'évaluer la contribution du thoron à l'exposition totale au radon intérieur. De plus, cette évaluation réexamine le traitement des mesures du thoron en deçà de la limite de détection qui a été utilisée pour évaluer l'exposition moyenne au thoron dans une étude précédente (Chen et coll. 2015). Parce que le thoron a une demi-vie très courte (56 secondes), il peut être difficile à mesurer directement: il peut être présent dans l'air intérieur mais se désintégrer avant d'atteindre le dispositif de mesure, libérant les émetteurs alpha mais ne s'inscrivant pas comme détecté. Cela a été démontré dans des études limitées qui avaient spécifiquement mesuré la progéniture du thoron et du radon (p. ex. Chen et al., 2011). La présente étude a réévalué les estimations de la concentration de thoron en utilisant uniquement des mesures où le thoron a été réellement détecté et a calculé des concentrations moyennes qui étaient significativement plus élevées que l'étude de 2015. La contribution du thoron à la dose de radon à l'intérieur des l'airs variait considérablement, allant de 1,3 % à 32 % sur le plan géographique. Cette information est précieuse pour identifier les populations où le risque de radon peut être élevé et pour élaborer des stratégies pour aider les Canadiens à gérer leur exposition. Article publié dans *Radiation Environmental Biophysics*, janvier 2022. (IP: Jing Chen)

### **Projet de renforcement des capacités d'analyse nucléolégale dans l'atmosphère (PRCANA)**

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Dans un esprit de collaboration dont le but est d'améliorer la capacité du Canada de déduire l'origine



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

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

Santé Canada intervient sur demande, en tant que conseiller principal dans le domaine de la santé pour les autres ministères et organismes fédéraux sur les questions de santé publique et de sécurité au travail qui touchent la radioprotection dans le cadre du mandat de Santé Canada de protéger la santé et à la sécurité des Canadiens. Le Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation (BPRPCC) effectue des recherches pour appuyer les conseils formulés par Santé Canada sur les effets des rayonnements sur la santé, lesquelles se fondent sur des données scientifiques de pointe. À l'heure actuelle, il est présumé que les risques pour la santé liés à l'exposition aux rayonnements sont linéairement proportionnels à la dose et qu'il n'existe pas de valeur seuil. Toutefois, les données scientifiques des dernières décennies indiquent clairement que la présence d'effets biologiques et de risques connexes pour la santé humaine est incertaine aux doses inférieures à 50–100 mGy. Il en va de même pour les effets des rayonnements (exposition aiguë ou chronique, doses faibles et 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 mécanistes 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)

### **La sommation de coïncidence : revue de la littérature et mise en œuvre d'un algorithme de sommation de coïncidence – NOUVEAU!**

La spectrométrie gamma est une méthode extrêmement sensible qui compte les rayons gamma émis par les atomes radioactifs individuels (radionucléides). Cette technique puissante est utilisée pour évaluer la radioactivité après un accident nucléaire, la radioactivité naturelle ou le niveau de contamination dans des échantillons environnementaux. L'efficacité du détecteur de rayons gamma pour un radionucléide donné est fonction de l'énergie des rayons gamma. Certains radionucléides émettent plusieurs rayons gamma, et si ces deux rayons gamma frappent le détecteur en même temps, l'énergie déposée dans le détecteur est la somme des énergies des deux rayons gamma. Ce phénomène est connu sous le nom de sommation des coïncidences et affecte l'étalonnage de l'efficacité. La sommation des coïncidences a largement été étudiée et reste un sujet de recherche pour les sources radioactives de volume. Le problème de la sommation des coïncidences pour les sources ponctuelles a été résolu. Ce projet a donné lieu à une analyse documentaire de la sommation des coïncidences, puis à l'application de données pertinentes pour la caractérisation d'un détecteur avec des sources ponctuelles afin de mettre en œuvre un algorithme basé sur ces données. L'algorithme était l'amalgame des concepts de trois articles : le concept d'utilisation d'une méthode itérative, les constantes spécifiques des radionucléides et l'étude de la relation mathématique de deux types d'efficacité. (Dans l'un des articles, les auteurs expliquent le fait que la sommation des coïncidences a été utilisée pour effectuer leur étalonnage de l'efficacité; autrement dit, ils ne considèrent pas la sommation des coïncidences comme un problème, mais comme un avantage). Un algorithme fondé sur une revue de la littérature a été créé pour corriger la sommation des coïncidences et utilisé sur les données de mesure. À ce jour, l'algorithme a été testé avec succès sur des résultats connus qui ne présentent pas de problèmes de sommation de coïncidences, ce qui constitue une première validation du fonctionnement de l'algorithme. Il a également été testé avec succès sur des spectres présentant des effets connus de sommation de coïncidences. La somme des coïncidences est un paramètre important pour l'étalonnage et l'utilisation des systèmes de spectroscopie gamma. Une fois validé, l'algorithme sera utilisé pour aider à caractériser un détecteur. (CP : Trevor J. Stocki)

### **Enquête ciblée sur les perspectives canadiennes concernant le bruit ambiant – NOUVEAU!**

Santé Canada mène des recherches pour évaluer les risques potentiels du bruit pour la santé dans le cadre de son mandat de protection de la santé et de la sécurité des Canadiens. La *Loi sur l'évaluation d'impact* (LEI, 2019) du Canada exige que certains grands projets de développement de ressources et d'infrastructures fassent l'objet d'une évaluation d'impact avant de recevoir l'approbation du gouvernement fédéral. Conçu pour mettre en œuvre des actions favorisant le développement durable, le processus d'évaluation d'impact vise à identifier et à atténuer les effets environnementaux négatifs



liés au projet, y compris les effets sur la santé du bruit lié au projet. Dans le cadre de la mise en œuvre de la LEI, les autorités fédérales (c.-à-d. les ministères ou organismes fédéraux) fournissent, sur demande, des renseignements ou des connaissances spécialisées concernant un projet à l'Agence d'évaluation d'impact du Canada (AEIC), à la commission d'examen ou à l'organisme chargé de l'évaluation des impacts, afin d'éclairer la prise de décision critique concernant l'approbation du projet. En tant qu'autorité fédérale, Santé Canada a publié des orientations sur l'évaluation des impacts du bruit dans les évaluations d'impact (Santé Canada, 2017). Pour appuyer l'élaboration de recommandations et de lignes directrices, Santé Canada a mené l'Enquête ciblée sur les perspectives canadiennes concernant le bruit ambiant afin d'étudier les attentes et les attitudes à l'égard du bruit environnemental dans les régions rurales et non rurales du Canada. Cette enquête, qui consiste en un questionnaire de 26 questions, a été remplie en ligne par 6 647 Canadiens autochtones et non autochtones âgés de 18 ans et plus, choisis au hasard entre avril et mai 2021. La nuisance, les troubles du sommeil, l'état de santé et les conséquences perçues de la COVID-19 sur la santé ainsi que le bruit ambiant ont été évalués. Une série de publications au cours des deux prochaines années explorera les différences potentielles entre les peuples autochtones du Canada et les Canadiens non autochtones dans leurs attitudes et leurs attentes vis-à-vis du bruit ambiant. (CP : David Michaud)

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

Le Bureau de la radioprotection (BRP) s'emploie depuis longtemps à promouvoir la santé des Canadiens et à les protéger contre l'exposition au rayonnement ionisant au quotidien dans leurs milieux de vie et de travail. Depuis près de deux décennies, le BRP exploite un réseau de surveillance en poste fixe (SPF) lui permettant d'assurer la surveillance de l'exposition au rayonnement et des risques connexes pour la santé associés aux sources de rayonnement anthropiques et naturelles. Le réseau se compose de plus de 70 dosimètres spectroscopiques gamma à l'iodure de sodium (NaI) de 3 pouces sur 3 pouces situés un peu partout au pays, et le spectre énergétique enregistré de moins de 3 MeV sert à la détection du rayonnement et à l'estimation des doses. On a récemment étudié la possibilité d'utiliser le réseau SPF comme système de surveillance des doses de rayonnement cosmique à l'aide d'un taux de comptage enregistré supérieur à 3 MeV. Les comptes observés à divers emplacements de SPF étaient bien corrélés aux doses de rayonnement cosmique théoriques qui incluent les effets du cycle solaire et les effets géographiques. Le résultat semble indiquer que le réseau SPF, s'il est bien étalonné, peut être utilisé pour surveiller non seulement le rayonnement terrestre, mais aussi le rayonnement cosmique. Pour pouvoir être utilisé comme système de surveillance des doses de rayonnement cosmique, le réseau SPF doit faire l'objet d'un étalonnage expérimental au moyen d'un dosimètre de référence. À cette fin, il est proposé d'avoir recours à un compteur proportionnel équivalent au tissu biologique (TEPC) comme dosimètre de référence pour étalonner le taux de comptage du rayonnement cosmique enregistré au moyen du réseau SPF selon le débit de dose  $H^*(10)$ . Le TEPC est largement utilisé pour l'estimation de la dose de rayonnement cosmique à haute altitude (p. ex. au niveau de l'aviation commerciale ou de la station spatiale internationale) et est en mesure de distinguer la contribution des neutrons de celle des autres composantes du rayonnement cosmique. À titre de dosimètre de référence, l'instrument TEPC lui-même doit être étalonné en fonction

de divers scénarios d'exposition (rayons gamma, neutrons, champ mixte, champ de neutrons à haute énergie, etc.). Une fois étalonné, l'instrument TEPC sera utilisé pour prendre des mesures côte à côte au moyen des détecteurs du réseau SPF afin d'étalonner les taux de comptage. Il a été utilisé dans le cadre d'une enquête sur les bateaux, comparant/étalonnant plusieurs types de détecteurs. (CP : Weihua Zhang)

### **Élaboration d'une voie associée aux effets toxiques en rapport avec la toxicité rénale induite par l'uranium.**

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. L'uranium est un élément radioactif naturel ainsi qu'un métal lourd. Les effets biologiques et sanitaires de l'uranium ont été attribués à sa toxicité tant radiologique que chimique. Alors que la majorité des études publiées indiquent que la toxicité de l'uranium est principalement attribuable à des altérations chimiques rénales, d'autres expériences in vitro et in vivo montrent des effets génotoxiques qui pourraient être attribués à la fois à la toxicité chimique et radiologique. 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)



## **Effet des troubles du sommeil sur les biomarqueurs liés à la production d'effets indésirables sur la santé : Une revue systématique de la littérature humaine – NOUVEAU!**

Santé Canada mène des recherches pour évaluer les risques potentiels du bruit pour la santé dans le cadre de son mandat de protection de la santé et de la sécurité des Canadiens. Selon la littérature, un sommeil illimité et non perturbé est vital pour les fonctions et les performances de base de l'être humain; cependant, on ne sait pas exactement quel degré de perturbation du sommeil entraîne une dérégulation des biomarqueurs, donnant lieu au développement d'effets néfastes sur la santé. Cette revue systématique vise à identifier le degré de perturbation du sommeil qui contribue aux modifications des biomarqueurs en tant que précurseur potentiel du développement d'effets néfastes sur la santé. Des études comparatives en langue anglaise disponibles dans les bases de données PubMed, Cochrane Central, EMBASE et CINAHL du 1<sup>er</sup> janvier 1980 au 31 juillet 2021 ont été consultées. La recherche a permis d'identifier 92 études primaires portant sur la pression artérielle, l'hypertension, la fréquence cardiaque, l'arythmie cardiaque, le débit cardiaque, le tour de taille, le cortisol, l'adrénaline, la noradrénaline, les marqueurs du système immunitaire, le glucose, l'insuline, le cholestérol et les triglycérides. Bien que certaines méta-analyses aient suggéré l'existence d'une association entre les troubles du sommeil et certains résultats, le degré de certitude des preuves était très faible en raison de préoccupations liées au risque de biais, à l'incohérence entre les expositions, aux populations et à l'imprécision des estimations des effets. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer à partir de quel moment les troubles du sommeil commencent à augmenter le risque de produire des effets néfastes sur la santé, afin d'orienter et d'adapter les interventions sanitaires. (CP : David Michaud)

## **Efficacité des exigences du Code national du bâtiment de 2010 – NOUVEAU!**

L'exposition au radon est la principale cause de cancer du poumon chez les personnes vivant dans un ménage non-fumeur. L'élaboration de mesures visant à faciliter l'atténuation future des concentrations de radon dans les habitations est présentée dans le Code national du bâtiment (CNB) de 2010. Ces mesures comprennent l'installation d'une couche perméable au radon par-dessus la couche de gravier et sous la dalle de béton. Une canalisation fermée avec un couvercle est installée à travers la dalle jusque dans la couche de gravier. Cette canalisation facilitera l'installation future d'un système d'atténuation du radon, au besoin. En 2011, la Nouvelle-Écosse a adopté le CNB de 2010. En octobre 2021, le Laboratoire national du radon (LNR) de Santé Canada a recruté environ 330 résidents de la région de la municipalité d'Halifax (MRH) afin de procéder à un test visant à détecter la présence de radon dans leur maison dans le cadre d'une étude visant à vérifier l'efficacité des mesures de lutte au radon du CNB 2010. Les maisons construites entre 2001 et 2021, soit avant et après l'adoption du CNB 2010, ont été choisies pour l'étude. En juin 2022, les résultats de plus de 300 tests de radon ont été recueillis dans les maisons, ainsi que des renseignements sur les fondations, le bâtiment et les types de chauffage. Les résultats de ces données devraient être publiés à la fin de 2022 ou au début de 2023. Les résultats de ce travail constituent une contribution directe à la participation continue de Santé Canada à l'élaboration et à l'amélioration des mesures de lutte au radon pour les nouveaux bâtiments et à leur inclusion dans les futures versions du CNB. (CP : Janet Gaskin, Robert Stainforth, Colin Gutcher, Ngoc Vuong)

## Dosimétrie d'urgence

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

## Surveillance de l'environnement et exposition externe aux rayonnements naturels au Canada – NOUVEAU!

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. Les sources externes de rayonnement proviennent des rayons cosmiques et des éléments radioactifs naturels, principalement le  $^{40}\text{K}$  et les produits de désintégration de l'uranium et du thorium présents dans le sol. Les gens sont exposés aux rayonnements terrestres et aux rayons cosmiques partout et en tout temps. Pour évaluer l'exposition externe des Canadiens aux rayonnements naturels, on a analysé cinq années (2016–2020) de données de surveillance de l'environnement en temps réel enregistrées par le réseau de surveillance en poste fixe (SPF) de Santé Canada pour 36 stations de surveillance au Canada. Les débits de dose absorbés dans l'air dus au rayonnement terrestre varient selon la géographie et la saison. Le débit de dose absorbé dû aux rayons cosmiques dépend fortement de l'altitude et varie en fonction de l'activité solaire. Les débits d'équivalent de dose ambiant extérieur annuels pondérés par la population sont de 20 nSv/h pour le rayonnement terrestre et de 52 nSv/h pour les rayons cosmiques. Si l'on considère qu'en moyenne les Canadiens passent 89 % de leur temps à l'intérieur et 11 % à l'extérieur, les doses efficaces annuelles



pondérées par la population ont été calculées comme étant de 443  $\mu\text{Sv}$  (54  $\mu\text{Sv}$  à l'extérieur et 389  $\mu\text{Sv}$  à l'intérieur), dont 20,6 % (91  $\mu\text{Sv}$ ) proviennent du rayonnement terrestre et 79,4 % (352  $\mu\text{Sv}$ ) des rayons cosmiques. Article publié dans le Journal of Environmental Radioactivity, janvier 2022. (CP : Chuanlei Liu, Mike Benotto, Kurt Ungar, Jing Chen)

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

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

### **Estimation de l'exposition de la population aux rayons gamma terrestres au Canada – NOUVEAU!**

Le Bureau de la radioprotection (BRP) s'est engagé de longue date à caractériser l'exposition à la radioactivité naturelle au Canada et à en rendre compte afin d'appuyer l'évaluation et la gestion des risques liés au rayonnement. Les roches et les sols contiennent des radionucléides d'origine naturelle et contribuent donc de façon importante à la dose de fond pour les membres du public, à la fois dans leur état naturel ou lorsqu'ils sont transformés en matériaux de construction. La présente étude résume

les résultats des relevés gamma au sol effectués de 2007 à 2010 dans des régions peuplées du sud du Canada (les données n'étaient pas disponibles pour les territoires). Il utilise ensuite ces données ainsi que les mesures gamma des relevés aériens (publiées séparément), combinées à des renseignements sur les variations saisonnières et les habitudes canadiennes (p. ex. le temps passé à l'intérieur), pour estimer les doses moyennes de rayons gamma terrestres dans les 10 provinces et pour l'ensemble de la partie sud du Canada. Les doses variaient entre environ 0,1 et 0,2 millisievert par année. Les effets connexes sur la santé devraient être négligeables, surtout lorsqu'on les compare à des sources plus importantes d'exposition au rayonnement comme le radon intérieur. Étant donné que les Canadiens passent une grande partie de leur temps à l'intérieur, on a constaté que les expositions à l'intérieur à la maison contribuaient à 69 % de la dose annuelle totale provenant du rayonnement gamma, même si les débits de dose estimés à l'intérieur étaient plus faibles. Cette évaluation est plus détaillée que les évaluations antérieures utilisant des données d'enquête aéroportées et au sol, mais elle est généralement d'accord avec elles. La compréhension des sources naturelles de rayonnement et des niveaux d'exposition connexes fournit un contexte important pour déterminer les niveaux d'intervention appropriés, dans les situations courantes et d'urgence. Article publié dans *Journal of Environmental Radioactivity*, février 2022. (CP : Jing Chen, Ken Ford (Commission géologique du Canada, retraité))

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

Les évaluations toxicologiques effectuées par Santé Canada appuient le mandat du Ministère qui consiste à protéger la santé et à la sécurité des Canadiens. Ces évaluations contribuent à la caractérisation globale du risque d'une substance. Le Groupe consultatif élargi sur le dépistage moléculaire et la toxicogénomique (GCDMT), qui relève de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), a élaboré l'approche « AOP » (*Adverse Outcome Pathway*, ou voie toxicologique impliquée dans les effets indésirables) de façon à consolider les données de toxicité chimique à de multiples niveaux d'organisation biologique. Les connaissances qui étayent l'AOP fournissent un cadre structuré pour organiser les données de façon transparente, examiner le poids de la preuve et déterminer les relations de cause à effet entre les facteurs de stress et les effets négatifs pertinents en ce qui a trait à la réglementation. Au cours de la dernière décennie, le cadre AOP a connu une évolution substantielle sur le plan de la caractérisation des dangers des produits chimiques. Plus récemment, il a attiré l'attention du milieu de la recherche sur le rayonnement, qui l'utilise pour faire progresser la compréhension mécaniste des effets de l'exposition au rayonnement ionisant à faible dose et à faible débit de dose sur la santé humaine et écologique. Afin d'exploiter pleinement la valeur de cette approche dans l'évaluation des risques et la radioprotection, il est impératif de solliciter les expériences et la collaboration active des différentes communautés de recherche. Pour ce faire, le groupe thématique conjoint sur l'AOP pour le rayonnement et les substances chimiques a été formé en décembre 2020 à l'initiative de deux entités de l'OCDE, soit le Comité de protection radiologique et de santé publique et le Groupe de haut niveau sur la recherche dans le domaine des faibles doses de l'Agence pour l'énergie nucléaire. L'objectif du groupe thématique conjoint, présidé par Santé Canada, est de faire progresser l'application de l'AOP dans la recherche sur le rayonnement et de favoriser une plus grande utilisation de cette approche dans l'évaluation des dangers et des risques. Ce groupe,



qui est composé de représentants de partout dans le monde, sert de tribune pour répertorier les initiatives conjointes qui appuient la recherche et, éventuellement, les sciences de la réglementation, pour élaborer de telles initiatives et pour en discuter. Le groupe se concentrera sur le cadre AOP; il en fera la promotion, s'occupera de sa mise en œuvre et évaluera s'il est possible de l'utiliser pour : a) organiser et évaluer les connaissances mécanistes relatives à la protection de la santé humaine et de l'environnement; b) déceler les lacunes en matière de données et les besoins en recherche pertinents pour élargir le domaine des connaissances sur les effets du rayonnement à faible dose et à faible débit de dose et c) démontrer l'utilité du cadre dans les évaluations des risques grâce à l'élaboration d'études de cas pertinentes sur le rayonnement. (CP : Vinita Chauhan)

### **Caractérisation de l'exposition – tomographie volumique à faisceau conique**

Santé Canada a le mandat d'évaluer et de gérer les risques pour la santé que présentent les appareils qui émettent des rayonnements. La tomographie volumique à faisceau conique (TVFC) est une méthode d'imagerie diagnostique par rayons X utilisée dans les domaines dentaire et médical, qui permet de produire des images tridimensionnelles (3D) d'un volume d'intérêt et qui est semblable à la tomodensitométrie (TDM) classique. Toutefois, les appareils de TVFC permettent l'acquisition des images radiologiques grâce à la rotation d'un large faisceau de rayons X unique, parfois partiel, autour du patient, par opposition aux appareils de TDM classiques, qui nécessitent généralement plusieurs rotations axiales ou hélicoïdales d'un faisceau étroit de rayons X en éventail autour du patient. Pour mesurer le débit de rayonnement des appareils de TDM classiques, différents paramètres de mesure peuvent être utilisés. Cependant, les différentes méthodes employées pour produire une image au moyen des appareils de TVFC peuvent avoir des répercussions considérables sur l'applicabilité et la précision des divers paramètres de mesure utilisés pour évaluer le débit de rayonnement émis. Les présents travaux de recherche portent sur les paramètres de mesure du débit de rayonnement tomographique émis par les appareils de TVFC, y compris les paramètres de mesure proposés par l'industrie et les organismes de radioprotection, afin de déterminer leur capacité à mesurer de façon précise le débit de rayonnement des appareils. Comme toute exposition aux rayons X comporte un risque de lésions biologiques, lequel diminue au même rythme que le taux d'exposition, les présents travaux de recherche permettront d'évaluer de façon plus efficace les risques pour les patients associés à l'utilisation d'appareils de TVFC, y compris en comparaison avec d'autres méthodes d'imagerie radiologique médicale. Les résultats aideront également à mieux éclairer l'élaboration des initiatives réglementaires et d'orientation applicables aux appareils. (CP : Sarah Cuddy-Walsh)

### **Réseau de surveillance en poste fixe**

En tant que ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), la Division de la surveillance du rayonnement (DSR) de Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Santé Canada exploite un réseau de surveillance en poste fixe (SPF) comportant 80 détecteurs spectroscopiques à l'iodure de sodium (NaI) qui mesurent en temps réel les rayonnements présents dans l'air. Les détecteurs sont situés un peu partout au pays afin de fournir des évaluations du risque radiologique qui sont représentatives de la

population, et sont davantage concentrés près des centrales nucléaires à l'appui de la gestion et de l'intervention en cas d'urgence. Les données recueillies par le réseau SPF sont utilisées pour évaluer les doses de rayonnements et sont ensuite transmises aux Canadiens par l'entremise du site Web du Gouvernement du Canada. Le réseau peut également être utilisé pour faciliter la prise de décisions lors d'un événement nucléaire, afin de garantir la santé et la sécurité des Canadiens. Les données en temps réel du réseau SPF sont transmises automatiquement au Système international d'information sur le contrôle radiologique (IRMIS) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) pour permettre au Canada de respecter ses obligations en vertu de la Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire. Elles sont également affichées automatiquement sur la plateforme d'échange de données 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)

### **Analyse nucléolégale et reconstruction en cas d'événement lié à des radionucléides (FREAR)**

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

### **Étude sur l'alimentation totale de Santé Canada**

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



## Identification des biomarqueurs de l'exposition au gaz radon

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

## Justification et méthodologie pour la caractérisation des niveaux sonores de référence

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

à l'aide d'écrans antivents utilisés couramment permet de quantifier les niveaux de bruit du vent dans les mesures typiques. Il s'agit d'une démarche novatrice étant donné que les mesures sont prises dans un environnement réaliste et non dans une soufflerie. (CP : Stephen Keith)

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

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Le rayonnement est un cancérogène reconnu; mais il existe de nombreuses incertitudes quant à la nature de la relation dose-réponse à faible dose. Le rayonnement peut également influencer sur le risque d'autres effets nocifs pour la santé. La présente étude utilisera les données à jour sur les travailleurs dans le Fichier dosimétrique national canadien couplées avec les données nationales sur la mortalité et l'incidence du cancer pour caractériser les associations entre l'exposition à de faibles doses de rayonnement et différentes causes de mortalité, ainsi que les associations entre l'exposition à de faibles doses de rayonnement et l'incidence de différents types de cancer. Des travaux de modélisation permettront d'évaluer les répercussions des effets différés de l'exposition et les relations entre l'exposition différentielle et la réponse selon l'âge et le sexe, et des méthodes faisant appel aux tables de mortalité seront utilisées pour estimer les répercussions du rayonnement ionisant sur l'espérance de vie. Les résultats de l'étude viendront enrichir le corpus de données probantes qui sous-tendent 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])

### **Mesure des radionucléides naturels dans des échantillons de sol du Sud de l'Ontario et évaluation de l'indice de concentration d'activité potentielle dans les matériaux de construction d'origine locale – NOUVEAU!**

Le Bureau de la radioprotection (BRP) s'est engagé de longue date à caractériser l'exposition à la radioactivité naturelle au Canada et à en rendre compte afin d'appuyer l'évaluation et la gestion des risques liés au rayonnement. Une source potentielle d'exposition est constituée de matériaux de construction fabriqués à partir de roches et de sols qui contiennent des éléments radioactifs naturels (comme l'uranium, le thorium et leurs produits de désintégration). Le respect des normes de sûreté de base publiées par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) exige que l'exposition aux matériaux de construction n'entraîne pas une dose de rayonnement de plus de 1 millisievert/an. Le risque à ce niveau est insignifiant. Pour aider les autorités à identifier les situations où les expositions pourraient dépasser ce seuil, l'AIEA recommande d'utiliser un indice de concentration d'activité basé sur les concentrations de radium 226, de thorium 232 et de potassium 40, qui sont toutes d'origine naturelle. Un indice de concentration d'activité d'environ 1 (pour les matières en vrac) est considéré comme acceptable et aucune intervention n'est requise. Cette étude fait état des concentrations



des trois éléments clés dans les échantillons de sol prélevés dans le sud de l'Ontario, au Canada. En supposant que les concentrations d'activité dans les matériaux de maçonnerie comme la brique et le béton sont semblables à celles du sol dans les environs, l'indice de concentration d'activité pour les matériaux de maçonnerie d'origine du sud de l'Ontario est estimé à 0,45 (avec une plage de 0,14 à 1,27). Ces résultats indiquent que la dose annuelle efficace de rayonnement gamma résultant de l'exposition à des matériaux de maçonnerie d'origine du sud de l'Ontario ne dépasse pas 1 millisievert et que, par conséquent, d'un point de vue radiologique, ils sont sûrs à utiliser. Article publié dans *Radiation Protection Dosimetry*, octobre 2021. (CP: Jing Chen, Weihua Zhang)

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

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

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

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Les accélérateurs linéaires (LINAC) sont souvent utilisés pour traiter les patients atteints d'un cancer. Ils permettent de cibler les tumeurs avec des faisceaux de rayonnement de haute énergie. Pour la santé et la sécurité des travailleurs, il est important de mesurer la charge de travail annuelle des LINAC pour chaque énergie photonique disponible, ce qui indique la dose de rayonnement à l'extérieur de la chambre radioprotégée. En tant que principal fournisseur de services de dosimétrie au Canada, la Division des services nationaux de dosimétrie (DSND) s'est associée à des experts en radiothérapie pour explorer une technique qui permet de mesurer la charge de travail à l'aide de détecteurs couplés. Un facteur d'étalonnage permet également d'obtenir le nombre d'unités moniteur (une mesure du débit de l'accélérateur) délivrées pour chaque énergie. Les expériences initiales ont eu recours à deux appareils couplés, soit un dosimètre à neutrons qui utilise la technologie de détecteurs solides de traces nucléaires (CR-39) et qui est capable de différencier les deux champs et un dosimètre thermoluminescent (DTL-100) sensible aux deux champs. Les signaux du CR-39 étaient trop saturés pour être utilisables dans les conditions d'exposition de l'expérience. Le DTL-100, quant à lui, s'est avéré excellent pour déterminer la charge de travail lorsqu'il était exposé à une seule énergie. Le DTL-100 pourrait donc constituer un excellent choix de détecteur s'il était couplé à un autre détecteur convenable. Des expériences en cours explorent la possibilité de coupler le DTL-100 à un dosimètre qui utilise la technologie de luminescence stimulée optiquement (LSO), qui ne se sature pas en présence de doses élevées. Si ce projet de recherche est une réussite, les résultats pourraient permettre aux opérateurs de LINAC de calculer la charge de travail de façon beaucoup plus efficace, ce qui faciliterait la gestion de leurs programmes de radioprotection. (CP : Robert Corns [Eastern Carolina University, États-Unis], Charles Schroeder [Action cancer Manitoba], Gurpreet Sandhu [BC Cancer], Keith Henderson, Ian McKay)

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

La croissance remarquable 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 a fait naître l'inquiétude du public au sujet des effets possibles de l'énergie RF sur la santé. De plus, le mandat de Santé Canada quant à la question de l'exposition humaine à l'énergie électromagnétique RF émise par les dispositifs sans fil comprend notamment le fait d'étudier les effets possibles sur la santé, de surveiller de façon continue la documentation scientifique liée à ces effets et d'élaborer des lignes directrices sur l'exposition aux RF, couramment appelées le *Code de sécurité 6*. Le *Code de sécurité 6* énonce les limites de sécurité recommandées pour ce qui est de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (CEM). L'objectif de cette 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 pour prévoir le taux d'absorption et/ou l'élévation, en régime permanent, de la



température à la surface de la peau, en tenant compte de l'intensité et du diamètre du faisceau. Le modèle analytique élaboré dans le cadre de la présente étude peut 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 servir à estimer la température maximale des tissus exposés à des dispositifs émettant des RF, selon les caractéristiques de rayonnement de l'appareil. 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. ([https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/9900/Analysis\\_of\\_ICNIRP\\_2020\\_Basic\\_Restrictions\\_for.15.aspx](https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/9900/Analysis_of_ICNIRP_2020_Basic_Restrictions_for.15.aspx)) (CP : Greg Gajda, Mykola Zhuk)

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

Santé Canada a le mandat de protéger la population contre les risques liés à l'exposition au rayonnement. Après l'accident de 2011 à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, au Japon, les communautés du Nord ont exprimé des préoccupations en ce qui concerne la sécurité du caribou et du béluga comme sources alimentaires. Par le passé, les études menées après l'accident de Tchernobyl en 1986 ont montré une augmentation de la radioactivité chez le caribou, même si les animaux étaient encore considérés comme propres à la consommation. Des 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 a traversé l'océan Pacifique). Les résultats de certaines comparaisons des échantillons prélevés avant 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 niveaux restent bien en dessous des lignes directrices établies de la radioactivité dans les aliments. (CP : Trevor Stocki)

### **Étude comportementale du Programme national sur le radon**

Le Programme national sur le radon (PNR) mène des recherches comportementales afin d'évaluer et d'améliorer l'efficacité des campagnes de sensibilisation du public canadien. En 2019, le PNR a travaillé avec l'Unité de l'impact et de l'innovation du Bureau du Conseil privé pour réaliser un projet d'intervention comportementale et d'essai à l'aide d'une carte postale tenant compte du comportement comme moyen d'accroître la sensibilisation du public au radon et d'encourager les mesures (exprimées sous la forme de l'achat d'une trousse de test). Les résultats de ce projet pilote laissent entendre que l'approche était prometteuse et qu'une étude plus approfondie était justifiée. En janvier 2020, le PNR a lancé un deuxième projet d'intervention comportementale, lié à une campagne de sensibilisation prévue, afin d'évaluer l'impact d'une nouvelle carte postale. Les réponses, y compris les visites de sites Web, les demandes de renseignements du public et les rapports des fournisseurs de trousse de test, ont fait l'objet d'un suivi pendant une période de 8 semaines. En novembre 2020, la même carte postale a été modifiée en fonction des commentaires de janvier 2020 et l'efficacité a été évaluée

à nouveau. L'étude a été répétée en conjonction avec des campagnes de cartes postales ultérieures en novembre 2021 et en janvier 2022, avec des ajustements mineurs pour refléter les leçons apprises. À ce jour, des millions de cartes postales ont été envoyées aux ménages canadiens partout au Canada. Les résultats continuent de montrer qu'une carte postale tenant compte du comportement augmente considérablement la sensibilisation au radon. De plus, les intervenants de l'industrie signalent régulièrement des augmentations importantes des achats de trousse de test après la distribution des cartes postales. Les résultats de l'étude 2020 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://takeactiononradon.ca/wp-content/uploads/NRP-Behavioural-Study-Final-Report-FRA-2020.pdf> (CP : Katelyn Penstone, Kelley Bush)

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

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

### **Dispositifs d'écoute personnels et déficience auditive**

Santé Canada mène des recherches visant à évaluer les risques possibles du bruit pour la santé dans le cadre de son mandat de protection de la santé et de la sécurité des Canadiens. Cela inclut les risques du bruit provenant des dispositifs d'écoute personnels. Il est bien connu que l'exposition prolongée à des bruits intenses peut causer une perte auditive induite par le bruit. Auparavant, Santé Canada a évalué le réglage de volume typique sur les dispositifs d'écoute personnels (p. ex. lecteurs MP3) utilisés par les élèves et a corrélié les résultats à l'état d'audition autodéclaré et mesuré des élèves. Ces études pilotes ont motivé la réalisation d'enquêtes plus vastes. Pour la première fois, des données



ont été recueillies à l'échelle du pays sur la santé auditive des Canadiens âgés de 3 à 79 ans dans le cadre de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) (cycles 3 et 4). Ces données, qui comprenaient des mesures objectives de l'acuité auditive ainsi que l'autodéclaration de l'exposition à des bruits intenses au travail et dans les loisirs, ont été utilisées dans des publications sur la prévalence de la perte auditive liée à l'emploi chez les Canadiens. En 2019, Santé Canada a publié un rapport sur la prévalence de l'exposition à des bruits intenses dans le cadre des activités de loisir chez la population canadienne âgée de 6 à 79 ans. L'exposition au bruit provenant de sources cumulatives et de sources précises de bruits intenses liés à des activités de loisir, y compris l'utilisation de dispositifs d'écoute personnels, a été estimée en fonction d'une limite professionnelle commune (c.-à-d. un niveau de bruit supérieur ou égal à 85 dB pendant au moins 40 heures par semaine). Santé Canada effectuera une analyse subséquente pour évaluer les répercussions de l'utilisation de dispositifs d'écoute personnels à un volume élevé et des autres expositions à des bruits intenses lors des activités de loisir sur la santé auditive de la population canadienne âgée de 6 à 29 ans. Santé Canada réunira ces résultats pour estimer (caractériser) la prévalence de la perte auditive induite par le bruit chez les Canadiens, y compris les enfants, les adolescents et les jeunes adultes, à la suite d'une exposition prolongée à des dispositifs bruyants (comme les dispositifs d'écoute personnels) pouvant émettre des niveaux de volume dangereusement élevés. Ces renseignements aideront également à guider les responsables des politiques, les éducateurs et les professionnels de la santé. (CP : Katya Feder)

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

L'accès à des renseignements fiables et récents est essentiel à la prise de décisions fondées sur des données scientifiques en ce qui concerne les changements en cours dans l'Arctique et leurs répercussions dans le monde entier. Les rapports sommaires du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) sur le sujet ont donc été élaborés expressément à l'intention des décideurs, afin de résumer les principales constatations de l'évaluation. Depuis 2011, une équipe d'experts internationaux (Santé Canada s'est joint à l'équipe en tant que pays arctique) a procédé à l'évaluation des enjeux relatifs à la radioactivité dans l'Arctique. Les renseignements contenus dans la présente étude, qui est fondée sur les données de recherche et de surveillance évaluées par les pairs et publiées depuis 2014, seront accompagnés des références complètes. L'évaluation à jour de la radioactivité comprendra les nouvelles données sur la radioactivité, les effets du radon sur la santé humaine et les données sur les radionucléides déversés ou transférés dans l'Arctique. Elle présentera également la recherche de Santé Canada sur les répercussions des changements climatiques sur le transport des radionucléides naturels dans l'Arctique. Ces études permettront d'améliorer la capacité de Santé Canada à estimer l'augmentation du niveau d'activité de plomb 210 (Pb-210) et de polonium 210 (Po-210) dans la région arctique en raison de la présence de contaminants dans le Nord, et à effectuer la modélisation du transport des radionucléides dans l'atmosphère, qui est essentielle à l'évaluation de la dose de rayonnement reçue par les humains. (CP : Jan Rene Larsen, AMAP, Norway; également impliqué: Weihua Zhang, Trevor Stocki, Jing Chen, and Chuanlei Lu)

## **Bruit en milieu de travail et maladies cardiovasculaires au Canada : Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS)**

Dans le cadre de son mandat, Santé Canada doit évaluer les risques pour la santé liés au rayonnement et fournir des conseils en matière de radioprotection à d'autres programmes et ministères fédéraux. L'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail est associée à des troubles de l'audition, mais le lien entre cette exposition et les effets extra-auditifs demeure incertain. Ce projet de recherche a étudié le lien entre l'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail et la santé cardiovasculaire chez des participants (n = 6 318, environ 50 % de sexe masculin) de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) (2012–2015) âgés de 20 à 79 ans et recrutés aléatoirement partout au Canada. Une entrevue a été réalisée en personne auprès des ménages de façon à recueillir des données démographiques de base et des renseignements sur le stress perçu, les problèmes de santé diagnostiqués et l'exposition autodéclarée à un milieu de travail bruyant. Une évaluation physiologique directe réalisée dans un centre d'examen mobile a permis de déterminer les biomarqueurs et les facteurs de risque liés à la fonction cardiovasculaire. Les modèles de régression logistique ou linéaire ont exploré l'association entre l'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail et plusieurs paramètres cardiovasculaires après correction pour tenir compte des facteurs de confusion. Après correction, rien ne permettait de conclure à un lien entre le bruit en milieu de travail et les paramètres évalués, notamment la pression artérielle, la fréquence cardiaque, la glycémie, l'insuline, les lipides, l'hypertension diagnostiquée, la prise de médicaments contre l'hypertension, l'infarctus du myocarde, l'AVC ou les maladies du cœur. Aucune donnée probante n'indique que l'exposition autodéclarée au bruit en milieu de travail était associée aux biomarqueurs cardiovasculaires à l'étude ou à des maladies cardiovasculaires chez les Canadiens de 20 à 79 ans. L'exposition au bruit autodéclarée étant associée à un certain degré d'incertitude, une analyse distincte a été effectuée chez des personnes présentant une perte auditive haute fréquence mesurée, qui a été utilisée comme preuve d'une exposition durable à des niveaux de pression acoustique élevés. Il n'y avait aucune preuve dans les données pour étayer une association entre la déficience auditive induite par le bruit et toute mesure de la fonction/maladie cardiovasculaire. Cette étude, et d'autres comparables, contribue de façon importante à constituer une base de données probantes qui pourrait orienter les politiques relatives à l'exposition au bruit en milieu de travail. (CP : David Michaud)

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

Santé Canada réalise des recherches afin d'évaluer les risques potentiels pour la santé liés au bruit, et ce, dans le cadre de son mandat qui consiste à protéger la santé et la sécurité des Canadiens. Le bruit peut augmenter les réactions de stress et ainsi entraîner des effets indésirables sur la santé. Cette augmentation peut accroître le risque d'apparition d'effets sur la santé provoqués par le stress, comme des maladies cardiovasculaires (dans le cas d'une exposition constante à des niveaux de bruit élevés). L'augmentation des réactions de stress causée par les bruits forts peut se traduire notamment par des changements du niveau de cortisol, d'adrénaline ou d'épinéphrine, ou par des changements



de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Ces changements peuvent s'accompagner (statistiquement) d'un inconfort ou non. L'objectif de la revue systématique (financée par le Fonds de recherche sur l'évaluation d'impact de la Direction de la sécurité des milieux) était d'évaluer la force de la preuve en ce qui concerne le lien entre l'exposition au bruit et les changements dans les paramètres biologiques qui contribuent au développement d'effets indésirables sur la santé humaine causés par le stress. Le fait que le bruit puisse constituer un facteur de stress ne suffit pas, en soi, à orienter pleinement les conseils du Ministère sur le bruit, car ces conseils ne peuvent pas avoir pour objectif d'éliminer complètement les réactions de stress et d'inconfort causées par le bruit. Des analyses dose-réponse ont permis d'examiner l'effet qu'avait une augmentation de 10 dB de l'exposition au bruit. Le risque de biais de chaque étude a été évalué à l'aide de l'outil d'évaluation du risque de biais dans les études non randomisées (études d'exposition) (ROBINS-E). La certitude de l'ensemble des données probantes pour chaque résultat a été déterminée selon l'approche GRADE. L'équipe a recensé un total de 151 études primaires contenant des données sur la pression artérielle, la fréquence cardiaque, la résistance vasculaire, le débit cardiaque, le tour de taille, le cortisol, l'adrénaline, la noradrénaline, le glucose, le cholestérol, l'hypertension, la prééclampsie, le diabète gestationnel et l'hypertension gestationnelle chez les humains. Les données probantes qui soutenaient l'effet d'une exposition accrue au bruit sur les biomarqueurs du stress à court et à long terme étaient de certitude très faible. D'après la revue systématique, le degré de certitude des données probantes à l'appui d'un lien entre l'exposition au bruit et les maladies causées par le stress au sein de la population est très faible. L'examen global est présenté dans une série en trois parties de revues systématiques individuelles par sujet désigné (1. effets cardiovasculaires; 2. effets métaboliques et 3. effets obstétriques). (CP : David Michaud)

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

## **Traité d'interdiction complète des essais nucléaires – Stations de détection de radionucléides et surveillance des radionucléides en laboratoire**

À titre de ministère responsable du Plan fédéral en cas d'urgence nucléaire (PFUN), la Division de la surveillance du rayonnement (DSR) de Santé Canada a le mandat de coordonner les activités de préparation et d'intervention en cas d'urgence nucléaire. Le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICEN), adopté par l'Assemblée générale des Nations Unies en 1996, constitue une mesure visant à assurer la non-prolifération nucléaire et le désarmement nucléaire. Le traité prévoit la mise en œuvre d'un mécanisme de vérification exhaustive faisant en sorte qu'aucune explosion nucléaire ne passerait inaperçue. Le régime de vérification englobe le Système de surveillance international (SSI) et le Centre international de données (CID), un processus de consultation et de clarification, des inspections sur place, des mesures de confiance et le Centre national de données (CND) canadien, dirigé par Ressources naturelles Canada (RNCan). Le SSI comprend des stations et des laboratoires situés dans le monde entier, qui se servent de l'une des quatre technologies suivantes pour recueillir des données : 1) surveillance sismique; 2) surveillance des infrasons; 3) surveillance hydroacoustique ou 4) surveillance des radionucléides. Dans le cadre du SSI, la DSR exploite quatre stations de surveillance des radionucléides et un laboratoire de radionucléides. La DSR entretient une plateforme pour l'analyse automatisée et interactive des mesures des radionucléides en suspension dans l'air au nom du CND canadien. La plateforme comprend toutes les données de ce type provenant du SSI et du Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR). En collaboration avec ses partenaires d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), la DSR de Santé Canada appuie également le CND dans l'évaluation des événements qui touchent le traité et dans l'évaluation d'autres rejets atmosphériques importants de radionucléides. Ces activités se traduisent par un ensemble de données provenant de l'analyse de plus de 30 000 échantillons par année. Cette année a été marquée par la présentation de documents du laboratoire de radio-isotopes du TICEN, laquelle a constitué une étape importante pour l'ajout de l'analyse des gaz nobles à ses capacités certifiées par l'Organisation du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (OTICE). La certification devrait être complète d'ici le début de l'année 2022, après la visite du site par les autorités de l'OTICE. (CP : Kurt Ungar)

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

Le mandat de Santé Canada comprend l'évaluation et la gestion des risques liés aux dispositifs qui émettent des rayonnements. En 2016, le Comité scientifique des risques sanitaires, environnementaux et émergents (CSRSEE) de la Commission européenne a conclu qu'il existe des données probantes solides démontrant que le rayonnement ultraviolet (UV) émis par les appareils de bronzage est cancérigène et que le risque de cancer augmente à la fois avec la fréquence d'utilisation et l'âge de l'utilisateur. Le CSRSEE a également conclu qu'il n'existe pas de limite sûre pour l'exposition au rayonnement UV émis par les appareils de bronzage, car il n'y a pas de seuil défini pour les effets nocifs à long terme sur la santé en cas d'exposition. Cela est attribuable à la nature stochastique de l'induction du cancer et aux doses nécessaires pour l'obtention d'un bronzage. Il n'y a pas non plus de seuil établi en matière de rayonnement UV et de dose UV qui permettrait de déterminer les effets



stochastiques à long terme, tels que le cancer, à partir des données actuellement disponibles. Des études mécanistes plus sensibles et des outils d'analyse plus avancés pourraient fournir un meilleur aperçu des estimations des seuils d'exposition au rayonnement UV et des effets nocifs éventuels par le biais de l'analyse des voies transcriptomiques. Selon une revue récente de la littérature scientifique, l'application de la modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptionnelles offre des avantages considérables par rapport aux méthodes classiques d'analyse bioinformatique en génomique. En 2019, Santé Canada a réalisé une étude sur l'utilisation de la modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptomiques sur la réponse de la peau de souris à l'exposition à une vaste gamme de doses de rayonnement UV émises par une lampe de bronzage UV destinée à une utilisation cosmétique. Il s'agit des premiers travaux du genre à employer la modélisation de la dose repère à l'aide de données transcriptomiques sur la réponse dans un modèle murin vivant exposé à une gamme de doses de rayonnement UV d'intérêt biologique correspondant à peu près au spectre de rayonnement UV émis par un lit de bronzage type destiné à une utilisation cosmétique. Ces données fourniront une première évaluation des réponses moléculaires à l'exposition au rayonnement UV, laquelle servira à déterminer les seuils de réponse au rayonnement UV d'intérêt biologique pouvant empêcher la survenue de conséquences physiopathologiques à long terme. (CP : Sami Qutob)

### **Valider les activités de surveillance en cas d'urgence à l'aide d'une quantité connue de matière radioactive**

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

matière radioactive dispersée de façon uniforme a permis d'améliorer plusieurs méthodes et, ainsi, de préparer l'équipe d'intervention sur le terrain du BRP. (CP : Rory McCutcheon-Wickham)

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

Santé Canada a mené, en collaboration avec Statistique Canada et d'autres spécialistes externes, l'Étude sur le bruit des éoliennes et la santé (EBES) (2012 à 2014) afin de mieux comprendre les effets du bruit des éoliennes sur la santé et le bien-être humains. Les paramètres mesurés comprenaient la pression artérielle et la fréquence cardiaque (mesure automatisée), la concentration de cortisol dans les cheveux et le sommeil (actigraphie). De plus, des données autodéclarées ont été recueillies au cours d'une entrevue en personne assistée par ordinateur, menée à la résidence des participants. L'étude est terminée et les résultats préliminaires ont été publiés à l'automne 2014, mais, en raison du volume des données recueillies, la publication des résultats détaillés dans des revues scientifiques à comité de lecture a eu lieu de 2015 à 2020–2021. Jusqu'à présent, 15 articles ont été publiés dans des revues, et des analyses supplémentaires sont en cours. Le travail actuel de l'EBES concerne une analyse plus détaillée des troubles du sommeil autodéclarés afin d'orienter les futures mises à jour des lignes directrices sur le bruit environnemental de l'Organisation mondiale de la Santé. Les directives suggèrent des limites de bruit nocturne pour diverses sources, bien que dans leur publication de 2018, aucune limite pour les éoliennes n'a pu être fournie en raison d'un manque de recherche. L'analyse se concentrera sur la détermination du niveau de pression acoustique produit par le fonctionnement des éoliennes qui est associé à une prévalence de 3 % de perturbation élevée du sommeil autodéclarée, qui est le niveau de perturbation du sommeil sur lequel l'OMS fonde actuellement ses directives sur le bruit. Les résultats d'analyse fourniront l'évaluation la plus exhaustive des troubles du sommeil autodéclarés à ce jour et contribueront à enrichir une base de données probantes mondiale sur laquelle Santé Canada, les autres organes gouvernementaux et le milieu scientifique en général s'appuieront pour prendre des décisions éclairées à l'avenir. Les résultats scientifiques de ces études sur le bruit des éoliennes continueront d'éclairer les procédures judiciaires liées à l'installation d'éoliennes au Canada et ailleurs dans le monde. (CP : David Michaud)



# QUALITÉ DE L'EAU

## **Conception d'enquêtes rentables sur l'eau potable au 21<sup>e</sup> 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. Ce projet vise principalement à trouver la façon la plus économique 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 dotée 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. Santé Canada 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)

## **Étude des niveaux des substances perfluoroalkylées (PFAS) existantes et de leurs substances chimiques de remplacement dans des échantillons biologiques humains et des échantillons d'eau – NOUVEAU!**

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) sont une classe de produits chimiques organiques synthétiques fluorés qui ont largement été utilisés dans les produits de consommation au cours des 60 dernières années en raison de leurs propriétés oléofuges, imperméables aux graisses et hydrofuges. Les PFAS sont utilisés dans presque tous les secteurs industriels, y compris dans des catégories bien connues comme l'imprégnation des textiles et la galvanoplastie. Au total, plus de 200 catégories et sous-catégories d'utilisation ont été identifiées pour plus de 1 400 PFAS individuels. Au cours des deux dernières décennies, les PFAS ont fait l'objet d'une attention accrue de la part du public et de la communauté scientifique, car ils sont répandus et persistants dans l'environnement, et plusieurs d'entre eux se bioaccumulent dans la faune et chez l'humain. En outre, des associations

entre les concentrations de PFAS dans le sang humain et une série de résultats sanitaires, notamment la cancérogénicité, la perturbation hormonale et l'immunotoxicité, ont été observées dans des études épidémiologiques et toxicologiques in vivo. Les voies potentielles d'exposition humaine aux PFAS comprennent l'ingestion alimentaire et non alimentaire, l'inhalation et l'absorption cutanée. Les humains peuvent être directement exposés aux PFAS par l'inhalation ou l'ingestion de poussière et d'eau potable, et indirectement par l'ingestion de précurseurs de PFAS, qui sont biotransformés en PFAS dans le corps. Les contraintes réglementaires, comme les restrictions de plusieurs acides sulfoniques perfluoroalkylés et d'acides perfluoroalcanesulfoniques, ainsi que les programmes d'élimination progressive volontaire ont conduit à un changement de production des substances perfluorées à longue chaîne vers les substances à courte chaîne et autres substances chimiques de remplacement (principalement GenX, F53B et ADONA). Cet effort de recherche produira des données canadiennes sur les substances perfluoroalkylées (PFAS) héritées et leurs substituts dans les matrices biologiques archivées et récemment collectées, ainsi que dans l'eau brute et traitée. Ces données serviront à l'évaluation de l'exposition aux PFAS et des risques qui y sont associés. (CP : Cariton Kubwabo)

### **Transformation des microplastiques par les oxydants de l'eau potable et ses effets sur la sorption et la lixiviation des produits chimiques émergents potentiellement préoccupants pour la santé – NOUVEAU!**

On a constaté que les microplastiques absorbent (adsorbent ou absorbent) les polluants organiques et les 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 changements dans leurs caractéristiques physiques et leur composition chimique qui peuvent affecter leur comportement de sorption et de lixiviation de ces produits chimiques. Il n'est pas clair si l'exposition aux produits chimiques provenant des microplastiques représente une source importante d'exposition par rapport à l'exposition totale provenant d'autres sources et d'autres recherches sont nécessaires avant qu'une évaluation des risques pour la santé humaine des microplastiques soit possible. L'objectif de cette recherche est d'élaborer des protocoles pour évaluer comment les microplastiques sont transformés lorsqu'ils sont soumis à des conditions d'oxydation et d'intempéries représentatives de l'exposition aux oxydants et aux UV dans les usines de traitement de l'eau potable, et comment leur capacité de sorption / lixiviation de certains produits chimiques organiques hydrophobes cibles et d'un ion métallique est influencée. Cette étude améliore notre compréhension de l'effet de l'altération des microplastiques d'un processus d'oxydation avancé d'UV-ozone sur leur comportement de sorption et de désorption. Les données auront le potentiel d'alimenter des études à plus long terme sur les interactions chimiques organiques hydrophobes, avec une plus grande variété de plastiques altérés (fibres, fragments, particules pigmentées) provenant d'autres sources possibles d'exposition humaine. (IP : Subhasis Ghoshal [Université McGill]; personne-ressource : Tamara Desroches (SC))