

L'organisme de réglementation
nucléaire du Canada



La science de la sûreté

Rapport de recherche de la CCSN
2017-2018



Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Canadian Nuclear
Safety Commission

Canada

La science de la sûreté : Rapport de recherche de la CCSN 2017-2018

© Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) 2019
N° de catalogue : CC171-24F-PDF
ISSN 2369-436X

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition que la source soit clairement indiquée. Pour reproduire ce rapport en totalité ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution, on devra toutefois obtenir au préalable une autorisation écrite de la Commission canadienne de sûreté nucléaire.

Also available in English under the title: The Science of Safety: CNSC Research Report 2017–18

Disponibilité du document

Ce document peut être consulté sur le [site Web de la CCSN](#). Pour obtenir un exemplaire du document en français ou en anglais, veuillez communiquer avec :

Commission canadienne de sûreté nucléaire
280, rue Slater
C.P. 1046, succursale B
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
Canada

Téléphone : 613-995-5894 ou 1-800-668-5284 (au Canada seulement)
Télécopieur : 613-995-5086
Courriel : cncs.info.ccsn@canada.ca
Site Web : suretenucleaire.gc.ca
Facebook : facebook.com/Commission canadienne de sûreté nucléaire
YouTube : <http://www.youtube.com/cncsccsn>
Twitter : [CCSN_CNCS](https://twitter.com/CCSN_CNCS)
LinkedIn : linkedin.com/company/cncs-ccsn

Histoire de publication

Août 2019 Édition 1.0

Table des matières

Message de la présidente	1
Message du conseiller scientifique principal de la CCSN	3
Introduction.....	4
Assurer la sûreté des centrales nucléaires	6
La protection des travailleurs.....	10
Protection de l'environnement.....	14
Pleins feux sur le personnel de la CCSN	23
Faire progresser les perspectives réglementaires en matière de nouvelles technologies	25
Engagements internationaux	29
La prochaine génération.....	36
Recherches futures à la CCSN	40
Glossaire	41
Annexe : Documents techniques, présentations et articles de la CCSN	43

Message de la présidente



M^{me} Rumina Velshi, présidente et première dirigeante

Je suis heureuse de vous présenter le cinquième rapport annuel de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) sur la recherche scientifique en matière de sûreté.

Le rapport *La science de la sûreté* résume les projets et initiatives de recherche que la CCSN a appuyés au cours de l'exercice 2017-2018. Ce rapport et la recherche liée à la réglementation qu'il décrit jouent un rôle essentiel dans la poursuite de notre mission, qui consiste à protéger la santé, la sûreté, la sécurité et l'environnement, à respecter les engagements internationaux du Canada d'utiliser pacifiquement l'énergie nucléaire et à diffuser au public des renseignements scientifiques, techniques et réglementaires qui sont objectifs.

La CCSN a le rôle important de tenir à jour les exigences réglementaires du Canada tout en s'adaptant aux nouvelles technologies. La recherche liée à la réglementation est essentielle à l'appui des activités de réglementation, car elle fournit l'information scientifique objective nécessaire qui sert de fondement aux décisions en matière de réglementation. La

recherche liée à la réglementation permet également à la CCSN de demeurer polyvalente et capable de relever les défis réglementaires auxquels le secteur nucléaire est confronté en aidant les experts techniques à comprendre les technologies émergentes. Enfin, elle s'acquitte de son mandat, qui consiste à diffuser des renseignements scientifiques, techniques et réglementaires objectifs grâce à des publications et la participation à des conférences et à des activités de mobilisation. La variété et la diversité des réalisations du Programme de recherche et de soutien nous permettent de maintenir l'intégrité scientifique de toutes nos activités. Toutes les activités, mesures, recommandations et décisions en matière de réglementation reposent sur des données scientifiques.

Le but de ce rapport est de fournir au public de l'information accessible afin qu'il puisse comprendre ce que nous faisons pour mieux servir l'organisme de réglementation nucléaire du Canada. Le fait de communiquer clairement au public les travaux importants du programme de recherche de la CCSN permet à notre organisation à la fois de maintenir la transparence et de démontrer ses réalisations. J'espère qu'il atteindra un large éventail de publics, de tous âges, de tous les sexes et de toutes les compétences, afin de fournir de l'information sur les travaux que la CCSN effectue pour s'assurer que la sûreté des Canadiens et de l'environnement ne sera jamais compromise. Bon nombre des projets et des activités de recherche mis en évidence dans le présent rapport sont associés à des publications accessibles sur notre site Web et qui sont publiées sous leur forme originale, telle que présentée par les auteurs. Je vous invite à lire le présent rapport et à explorer les documents plus détaillés auxquels il renvoie.

J'aimerais également vous présenter le rôle du conseiller scientifique principal (CSP), une fonction créée pour fournir des conseils à l'appui des activités de réglementation de la CCSN pour veiller à ce que les renseignements scientifiques soient toujours pris en compte lorsqu'il s'agit de prendre des décisions en matière de réglementation.

L'information scientifique constituera toujours le fondement des activités de réglementation, des mesures, des recommandations et des décisions en matière de protection de la santé et de la sécurité des Canadiens et de l'environnement. C'est la science de la sûreté.

Rumina Velshi

Présidente et première dirigeante

Commission canadienne de sûreté nucléaire

Message du conseiller scientifique principal de la CCSN



M. Peter Elder, vice-président, Direction générale du soutien technique, et conseiller scientifique principal

La science est le fondement des recommandations en matière de réglementation nucléaire présentées à la Commission. En tant que vice-président, Direction générale du soutien technique, et conseiller scientifique principal (CSP), mon rôle consiste à fournir des services et des conseils techniques à l'appui des activités de l'organisation en matière de réglementation. Cela comprend la mise en œuvre et la surveillance de l'intégrité scientifique, ce qui fournit un cadre pour s'assurer que l'information scientifique est toujours prise en compte.

Le personnel de la CCSN tient l'intégrité scientifique en haute estime. Cette intégrité doit être maintenue en utilisant la science comme fondement de toutes les activités, mesures, recommandations et décisions en matière de réglementation. L'expertise scientifique de la CCSN provient de spécialistes dans un large éventail de domaines, de la physique et de la biologie au rendement humain et à la cybersécurité. Les experts dans ces domaines appliquent leurs connaissances pour appuyer toutes les activités de la CCSN liées à la réglementation. Ces connaissances sont également utilisées pour aider la CCSN à diffuser auprès du public des renseignements scientifiques, techniques et réglementaires objectifs.

Ma vision est de rendre transparent le rôle de la science dans les décisions de la CCSN en matière de réglementation. La recherche sur la réglementation joue un rôle important à la CCSN, car elle génère les connaissances et l'information qui appuieront la mission de réglementation de la CCSN. Les recherches menées au cours du dernier exercice ont renforcé les capacités d'évaluation du personnel et contribué à réduire les incertitudes relatives aux questions de santé, de sûreté, de sécurité et d'environnement.

La publication de ce rapport annuel sur la science de la sûreté contribue également à la diffusion de l'information. Outre les résultats obtenus dans le cadre de projets originaux et concertés, ce rapport présente les connaissances partagées par le personnel de la CCSN. Les experts de la CCSN font apport de leurs connaissances et des résultats de leurs recherches en publiant dans des revues scientifiques à comité de lecture, en participant à des séances d'information publique et en contribuant aux résumés publics de la science de la réglementation présentés dans le site Web de la CCSN. Le présent rapport de recherche et les projets de recherche connexes ont aidé la CCSN à devenir et à demeurer une source d'information scientifique, technique et réglementaire crédible.

Visitez le site Web de la CCSN pour consulter les présentations du CSP : [Le Conseiller scientifique principal de la CCSN et le rôle de la science](#).

Peter Elder

Vice-président, Direction générale du soutien technique, et conseiller scientifique principal
Commission canadienne de sûreté nucléaire

Introduction

Objet du présent rapport

Une partie importante du mandat de la CCSN est axée sur la diffusion au public d'information scientifique, technique et réglementaire objective. L'information sur les projets de recherche et les projets connexes de la CCSN est accessible au public en ligne, mais les documents sur la recherche sont écrits dans une langue techno-scientifique. *La science de la sûreté : Rapport de recherche de la CCSN 2017-2018* (Rapport sur la science de la sûreté) vise à résumer les recherches financées au cours de la dernière année et d'en présenter les résultats de manière plus accessible au grand public. Les termes soulignés dans le présent rapport sont hyperliés à leur définition dans le glossaire.

Recherche liée à la réglementation

Les connaissances acquises grâce à la recherche liée à la réglementation peuvent servir à appuyer les décisions en matière de réglementation, à cerner les dangers imprévus et à créer des outils et des procédures pour régler ces nouveaux problèmes. Ces outils et procédures assurent la protection de la sûreté ainsi que de la santé et de la sécurité des Canadiens. Ils sont également utilisés pour élaborer des normes de sûreté efficaces tant au Canada qu'à l'étranger.

Les trois principaux objectifs du programme de recherche de la CCSN sont les suivants :

- obtenir des conseils indépendants pour appuyer les décisions en matière de réglementation
- élaborer les outils nécessaires pour pallier les problèmes liés à la santé, la sûreté, la sécurité ou l'environnement
- élaborer des normes de sûreté nucléaire

Ces objectifs sont précisés en dix buts principaux :

- renforcer le cadre d'autorisation, de conformité et de réglementation de la CCSN en vue de l'exploitation à long terme et après la réfection des centrales nucléaires canadiennes
- améliorer la capacité de la CCSN à réaliser, de façon indépendante, l'évaluation des dangers et l'analyse des accidents graves touchant des réacteurs ainsi que sa capacité à intervenir en cas de tels accidents
- aider le personnel de la CCSN à préparer et à effectuer des examens de la conception des fournisseurs
- améliorer les connaissances de la CCSN sur la propagation et le comportement dans l'environnement des substances dangereuses et nucléaires et sur les expositions environnementales connexes
- enrichir la base de connaissances de la CCSN en radioprotection afin qu'elle reflète les meilleures connaissances scientifiques disponibles en matière de protection des travailleurs et du public
- aider le personnel de la CCSN à évaluer les demandes de permis ou d'autres demandes relatives aux dépôts de déchets
- faire mieux comprendre à la CCSN le comportement à long terme des déchets résultant de l'extraction et de la concentration de l'uranium
- appuyer les engagements du Canada en matière de garanties et les activités en matière de garanties à l'échelle internationale pour renforcer la capacité du Canada en matière de criminalistique nucléaire

- appuyer la rédaction de normes en matière de sûreté et de sécurité nucléaires
- appuyer le renforcement des capacités, la sensibilisation et la promotion de la sûreté

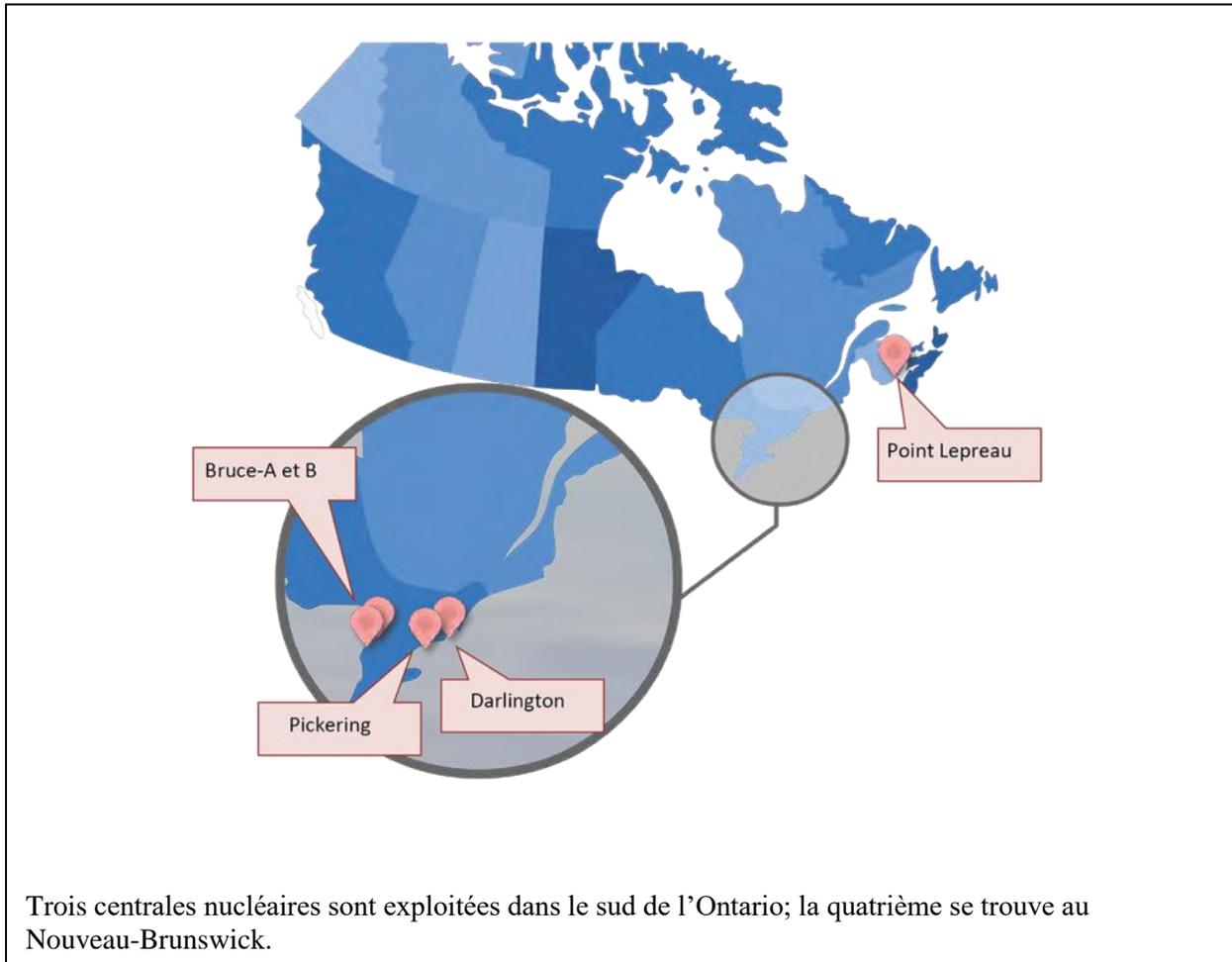
En plus de ces objectifs de recherche, la recherche est aussi liée au Cadre des domaines de sûreté et de réglementation de la CCSN. Ce cadre sert à évaluer dans quelle mesure les titulaires de permis respectent les exigences réglementaires et les normes de rendement en matière de sûreté. On trouvera de plus amples renseignements sur ce cadre sur le site Web de la CCSN.

Chaque chapitre du présent rapport résume tous les projets de recherche et travaux similaires réalisés par la CCSN du 1^{er} avril 2017 au 31 mars 2018. Vous trouverez des liens vers ces résumés et les rapports précédents sur la science de la sûreté sur la page Web d'[information scientifique et technique](#) de la CCSN.

Assurer la sûreté des centrales nucléaires

Le Programme de recherche et de soutien de la CCSN est essentiel à la réglementation des centrales nucléaires. Les résumés de recherche qui suivent décrivent les projets entrepris ou poursuivis au cours du dernier exercice pour s'assurer que les quatre centrales (ainsi que leurs structures, systèmes et composants) en exploitation au Canada (Figure 1) continuent d'être exploitées de manière sûre durant toute leur vie utile.

Figure 1 : Emplacement des quatre centrales nucléaires au Canada



Analyse des mécanismes de dégradation de l'isolation des câbles en raison du vieillissement dans une centrale nucléaire déclassée

Les câbles électriques des centrales nucléaires se détériorent au fil du temps en raison des conditions environnementales auxquelles ils sont exposés. La température et la dose de rayonnement sont deux facteurs importants qui contribuent à cette dégradation. Le projet de la CCSN visait à étudier le vieillissement (y compris la qualification environnementale¹) des matériaux isolants des câbles dans les conditions de laboratoire et d'exploitation.

Les conclusions de ce rapport expliquent en détail l'état des câbles, prédisent la [durée de vie utile](#) restante et valident les hypothèses formulées lors du processus initial de qualification environnementale. Les échantillons de câbles électriques nécessaires à cette étude ont été donnés par l'installation nucléaire Gentilly-2² d'Hydro-Québec. Les câbles prélevés à une plus grande distance des points où règne un fort rayonnement présentent moins de dommages et de dégradation que ceux prélevés à proximité des bornes, des zones de fort rayonnement et des épissures. L'isolation en polychlorure de vinyle des câbles montre des signes d'une plus grande détérioration aux bornes des instruments. On a observé que certains câbles avaient atteint ou dépassé la fin de leur durée de vie utile, tandis que d'autres demeuraient en état de fonctionner. Cette différence d'état dépendait des matériaux d'isolation des câbles et des conditions environnementales. Pour la majorité des câbles, l'étendue des dommages correspond aux hypothèses initiales. Toutefois, les câbles ayant été exposés à des conditions environnementales pires que prévu sont fortement dégradés. Cela facilite la détermination de la durée de vie restante des câbles et permet d'évaluer les hypothèses formulées dans le cadre du processus de qualification environnementale.

Cette étude établit le fondement des hypothèses techniques et des activités de surveillance, d'essai et d'entretien liées aux câbles. L'analyse des câbles peut servir à optimiser l'utilisation et le remplacement des câbles électriques afin d'assurer l'exploitation sécuritaire de l'équipement des centrales nucléaires.

La publication finale sera affichée sur le site Web de la CCSN au cours de cette année.

¹ Un programme de qualification environnementale permet de mettre à l'essai différents systèmes, structures et composants requis (comme les câbles) afin de veiller à ce qu'ils soient en mesure d'exécuter leurs fonctions de sûreté désignées dans des conditions extrêmes hypothétiques résultant d'un accident.

² Il s'agit de l'ancienne centrale nucléaire Gentilly-2, dont l'exploitation a définitivement été abandonnée.



Prélèvement d'échantillons de câbles des installations de Gently-2 aux fins de vérification des hypothèses initiales. Il s'agit de l'un des endroits du site où des échantillons ont été prélevés dans le cadre de cette étude.

Analyse des colis ayant servi à identifier et à classer les accidents graves dans les piscines de stockage du combustible usé

Une fois retiré en toute sécurité d'un réacteur nucléaire, le combustible usé est transféré dans une piscine de stockage de combustible usé. L'eau de la piscine de stockage refroidit le combustible usé et sert de blindage contre le rayonnement (voir l'encadré « Le saviez-vous »). À la suite de l'accident de Fukushima Daiichi, la CCSN a examiné sa propre capacité de modéliser indépendamment des scénarios d'accident qui s'appliqueraient à une piscine de stockage du combustible usé CANDU.

Les recherches visent à mettre au point des codes informatiques améliorés pour mieux comprendre les marges de sûreté existantes. La CCSN a parrainé ce projet de recherche parce qu'une compréhension accrue des marges de sûreté nécessaires au maintien d'un stockage sûr du combustible usé permet d'élaborer de meilleurs modèles en vue de prévenir ou d'atténuer un accident grave hypothétique dans une piscine de stockage du combustible usé.

Pour y parvenir, il faut d'abord recueillir toutes les données pertinentes sur les piscines de stockage du combustible usé et sur leur évolution en cas d'accident grave de perte de réfrigérant primaire. Cet ensemble de données forme les tableaux d'identification et de classement de phénomènes et de paramètres clés. Une fois les données recueillies, les spécialistes techniques analysent les phénomènes d'accidents et les classent en fonction de leur importance et des connaissances acquises à leur égard. Ils évaluent ensuite toutes les données relatives aux phénomènes les plus importants pour voir s'il y a lieu d'approfondir les recherches dans ces domaines. Il est souhaitable de disposer d'une vaste quantité d'informations sur les phénomènes de grande importance pour créer un modèle informatique très précis et détaillé. Leur incidence sur les résultats étant moindre, les phénomènes moins importants ne nécessitent pas une connaissance aussi exhaustive.

Le rapport final comprend la ventilation des 86 phénomènes étudiés et donne leur classement en termes d'importance et de volume de données disponibles. Parmi ces 86 phénomènes, 37 ont obtenu une cote élevée au cours d'au moins une phase et 21 autres ont obtenu une cote moyenne. L'analyse permet de déterminer plus facilement les phénomènes complexes nécessitant davantage d'attention et indique également à l'intention de l'industrie les domaines pour lesquels on manque d'information et qui nécessitent des études approfondies. De nouveaux codes précis seront nécessaires pour mieux comprendre les marges de sûreté existantes, et les résultats de cette analyse faciliteront le perfectionnement de ces codes. Les partenaires canadiens et étrangers ont aussi exprimé de l'intérêt à l'égard des données produites par ce projet de recherche, et sur lesquelles la production de codes futurs pourrait se fonder.

Consultez le rapport final sur le site Web de la CCSN : [RSP-602.2, Tableaux d'identification et de classement de phénomènes \(TICP\) en cas d'accident grave mettant en cause une piscine de stockage du combustible irradié CANDU](#) (en anglais seulement).

Le saviez-vous? Après avoir été retirées d'un réacteur, les grappes de combustible usé sont transférées dans une piscine de stockage. Ces piscines ont généralement une profondeur de six à huit mètres, soit trois mètres de plus que les piscines olympiques. L'eau qui recouvre le combustible protège les travailleurs de la dose de rayonnement qu'ils pourraient autrement recevoir.



Piscine canadienne typique pour le stockage du combustible.

La protection des travailleurs

Les lois canadiennes sur l'utilisation de l'énergie nucléaire, de même que la surveillance rigoureuse des installations et des activités autorisées par la CCSN, sont conçues pour protéger les travailleurs du secteur nucléaire des dangers posés par leur milieu de travail. Il s'agit notamment de dangers traditionnels tels que les risques électriques, d'incendie et de trébuchement, ainsi que de dangers liés au rayonnement, qui concernent la radioexposition potentielle d'un travailleur.

Les études permettent de formuler des opinions fondées sur des faits grâce auxquelles l'industrie reste informée des plus récents renseignements et technologies pouvant avoir une incidence sur les procédures et l'équipement de sécurité. Il est possible d'atténuer les risques associés aux dangers en milieu de travail en modifiant les politiques et procédures au fil des nouveaux développements sur le plan de la sécurité en milieu de travail.

Les résumés de la présente section soulignent deux projets, réalisés au cours du dernier exercice, qui démontrent de quelle manière la CCSN promeut la sécurité en milieu de travail.



En coordination avec les titulaires de permis et ses partenaires fédéraux et provinciaux en matière d'intervention d'urgence et de santé, la CCSN participe à des simulations d'incidents afin d'évaluer et de renforcer sa capacité d'intervention en cas d'urgence. Des exercices réguliers sont tenus pour évaluer les mesures d'intervention des titulaires de permis, formuler des conseils techniques et délivrer une approbation réglementaire, le cas échéant. L'expérience acquise durant les exercices permet de faire ressortir de nouveaux éléments à intégrer au plan d'intervention d'urgence, de sorte que les travailleurs de l'industrie soient informés des faits nouveaux relatifs à l'équipement et aux procédures de sécurité. Dans l'image ci-dessus, des membres d'une équipe de lutte contre l'incendie effectuent un exercice à la centrale nucléaire de Point Lepreau.

Le point sur les politiques et pratiques en matière de toxicomanie dans les industries canadiennes pour lesquelles la sûreté est importante

Un programme d'aptitude fonctionnelle efficace constitue un aspect important du maintien de la sûreté et de la sécurité nucléaires. La CCSN énonce dans son REGDOC-2.2.4, *Aptitude au travail*, tome II : *Gérer la consommation d'alcool et de drogues* les exigences et l'orientation relatives à la gestion d'un programme d'aptitude fonctionnelle visant précisément la consommation d'alcool et la toxicomanie. Le REGDOC-2.2.4 comprend des dispositions liées aux tests de dépistage de la consommation d'alcool et de drogues dans un éventail de circonstances, comme les tests aléatoires et préalables à l'embauche. S'appuyant sur la rétroaction reçue à l'égard de la version provisoire du document, le personnel de la CCSN a sollicité l'aide du Centre canadien sur les dépendances et l'usage de substances (CCDUS) pour mieux comprendre les pratiques exemplaires en matière d'évaluation de la toxicomanie, les qualifications nécessaires pour être considéré comme un spécialiste en toxicomanie, ainsi que la prévalence de la toxicomanie au sein des communautés où se trouve une installation nucléaire. Le personnel de la CCSN a conclu avec le CCDUS un protocole d'entente visant à mieux saisir les préoccupations relatives aux effets potentiels de la légalisation du cannabis sur la sécurité des milieux de travail au Canada.

Le CCDUS a fondé ses analyses sur un sondage de 20 questions créé pour la recherche et expédié à plusieurs centaines d'organisations canadiennes participant aux diverses industries pour lesquelles la sûreté est importante, notamment les transports aérien, maritime et ferroviaire, la construction, le maintien de l'ordre ainsi que les secteurs du pétrole et du gaz. Des réponses ont été envoyées par 87 répondants, et 12 entrevues avec des informateurs ont été réalisées. Le CCDUS a également analysé des données recueillies dans le cadre de sondages réalisés par des organismes provinciaux et fédéraux (comme l'Enquête canadienne sur le tabac, l'alcool et les drogues et l'Enquête de surveillance du Centre de toxicomanie et de santé mentale) pour comprendre la prévalence de la consommation d'alcool et de drogues dans les collectivités voisines des installations nucléaires.

En outre, le CCDUS a effectué une analyse juridique pour déterminer les qualifications permettant de faire reconnaître une personne en tant que spécialiste en toxicomanie par les tribunaux et les arbitres canadiens. Selon le rapport, les employeurs se fient généralement à l'expertise des médecins, des psychiatres, des thérapeutes ou d'autres professionnels dans le cadre des évaluations de la toxicomanie. Toutefois, on conseille aux employeurs « d'avoir recours à ce que les arbitres appellent un “spécialiste”, c'est-à-dire un médecin ou un psychiatre spécialisé dans le traitement médical de la toxicomanie et, idéalement, en médecine du travail » [traduction] en vue d'effectuer les évaluations de la toxicomanie.

Les chercheurs ont également étudié les effets potentiels de la légalisation du cannabis à l'aide de données provenant des États américains du Colorado et de Washington où la consommation a récemment été légalisée. Ils ont examiné l'efficacité des tests de dépistage de substances en milieu de travail afin de déterminer l'incidence potentielle sur les travailleurs.

Grâce à ces recherches, la CCSN a acquis une meilleure compréhension des pratiques exemplaires en matière d'évaluation de la toxicomanie. Le rapport du CCDUS a offert au personnel de la CCSN le contexte nécessaire relativement aux politiques et procédures de l'ensemble des industries importantes sur le plan de la sûreté, ce qui renforcera le cadre de réglementation du Canada. Le rapport permettra d'optimiser les programmes d'aptitude fonctionnelle grâce à la mise en œuvre du REGDOC-2.2.4 et servira à l'élaboration de la stratégie de surveillance de la conformité de la CCSN.

Voir le rapport final sur le site Web de la CCSN : [RSP-673.1, Examen des politiques sur la consommation de substances en milieu de travail au Canada](#) (en anglais seulement)

Soutien dans le cadre de l'UNSCEAR 64

La CCSN a fourni un soutien relatif aux déplacements à la délégation canadienne qui a participé à la 64^e session du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), plus particulièrement au D^r Paul Demers, d'Action Cancer Ontario. Le D^r Demers est un spécialiste des études épidémiologiques associées au cancer et à la radioexposition. Cette activité de financement démontre l'engagement de la CCSN à l'égard du soutien des comités scientifiques internationaux sur le rayonnement et ses effets sur la santé.

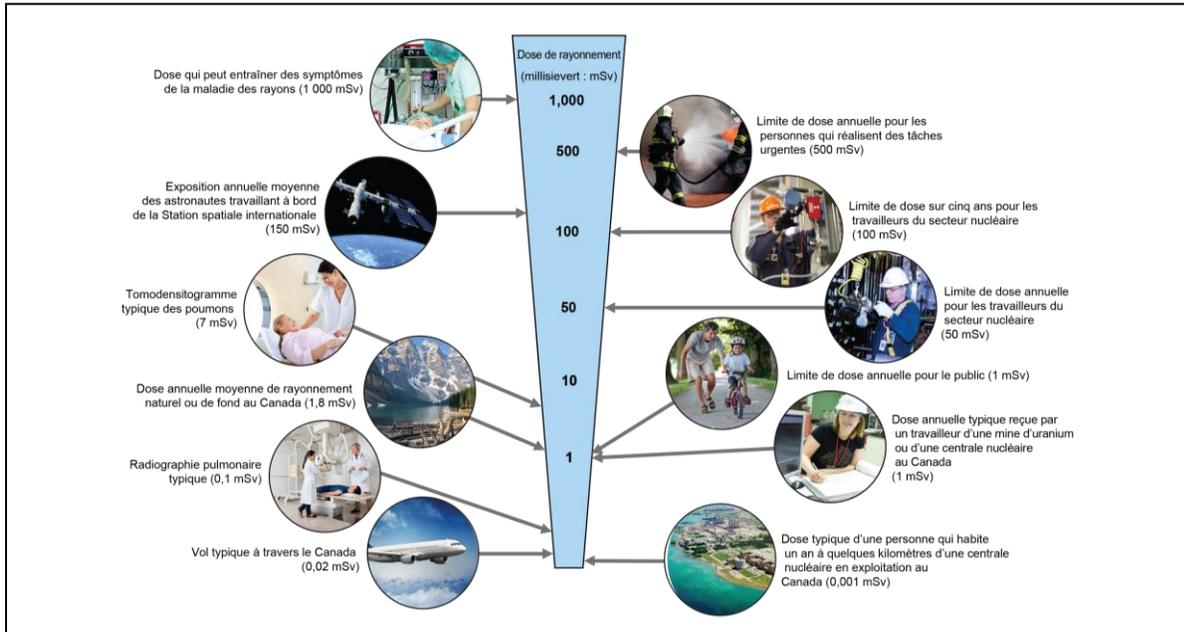
L'UNSCEAR publie des rapports qui servent, à l'échelle internationale, de fondement scientifique pour l'évaluation du risque lié au rayonnement. Ses comités scientifiques examinent les nouveautés en sciences de la santé et de la radioprotection de sorte que leurs rapports et publications reflètent le plus récent consensus international sur les connaissances scientifiques actuelles. La CCSN s'appuie sur ces renseignements pour renforcer sa réglementation des activités nucléaires au Canada.

Le D^r Demers a participé à la session sur le risque de cancer lié à la radioexposition à faible débit de dose de sources environnementales, où il a mis à profit son expertise. Il a réalisé, à cet égard ainsi que sur les critères de qualité des études épidémiologiques, des examens qu'il a ensuite présentés au responsable de la délégation canadienne avant la réunion; les études se trouvent dans les annexes scientifiques du rapport final. Le D^r Demers a également appuyé la délégation canadienne à l'occasion des assemblées plénières et des discussions connexes. Lors de ces discussions, les délégués ont abordé les documents susmentionnés, les niveaux et effets actualisés de la radioexposition découlant de l'accident nucléaire survenu en 2011 au Japon, ainsi que l'évaluation des données relatives au cancer de la thyroïde dans les régions touchées par l'accident nucléaire survenu en 1986 à Tchernobyl.

Le soutien continu de l'UNSCEAR par la CCSN est essentiel pour veiller à ce que la réglementation des activités nucléaires au Canada soit fondée sur les plus récentes données scientifiques acceptées à l'égard du rayonnement et de ses effets sur la santé des travailleurs et du public. L'infographie de la CCSN sur le rayonnement et les limites de dose connexes (Figure 2) montre l'une des manières dont la CCSN informe les Canadiens des résultats de ces recherches.

Voir le rapport final, y compris les annexes, sur le site Web de l'UNSCEAR : [*Sources, effets et risques des rayonnements ionisants : UNSCEAR 2017*](#) (en anglais seulement).

Figure 2 : Exemples de rayonnement et de limites de dose connexes au Canada



Protection de l'environnement

La CCSN surveille toutes les installations dont elle autorise l'exploitation afin de s'assurer que les titulaires de permis respectent leur engagement envers l'environnement. La protection de l'environnement est un élément clé de la mission de la CCSN et les titulaires de permis doivent démontrer qu'ils ne nuisent pas à l'environnement dans l'exercice des activités autorisées. Bien que les titulaires de permis doivent mettre en œuvre leur propre programme de surveillance environnementale, la CCSN surveille de façon indépendante les impacts environnementaux des mêmes activités autorisées. Cette surveillance continue réduit le risque de nuire à l'environnement.

Les projets présentés dans cette section ont reçu l'appui de la CCSN pour développer davantage les sciences de l'environnement et les techniques de gestion des déchets afin d'assurer que la sûreté de l'environnement n'est pas compromise par les activités nucléaires.



Une employée de la CCSN prélève un échantillon de sol près de Point Lepreau pour le [Programme indépendant de surveillance environnementale](#) de la CCSN.

Production de données de référence pour le rétablissement de l'environnement aux sites miniers historiques d'Elliot Lake

La CCSN s'attend à ce que l'on déclasse les installations d'extraction et de concentration d'uranium avec les méthodes les plus avancées, conformément aux objectifs de déclassement rigoureux énoncés dans la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, ses règlements d'application et les conditions de permis établies avec les propriétaires des installations. Ces titulaires de permis sont également tenus de surveiller le rétablissement de l'environnement en aval pour confirmer la réussite du déclassement. La restauration de l'environnement est considérée comme réussie lorsque le niveau de contaminants dans le milieu récepteur est similaire aux niveaux indiqués dans les objectifs de déclassement. Dans la plupart des cas, l'objectif global est de réduire les concentrations de radionucléides et de métaux à des niveaux comparables aux conditions naturelles qui existaient avant le début des activités.

Là où l'exploitation minière – comme celle d'Elliot Lake – a débuté il y a plus de 50 ans, il est difficile de déterminer quelles étaient les concentrations naturelles de contaminants à cette époque. Toutefois, elles peuvent être estimées avec précision.

Pour un cours d'eau contaminé, les spécialistes peuvent estimer les concentrations naturelles en mesurant les concentrations de métaux et de radionucléides dans l'eau d'un environnement adjacent non contaminé. Aux fins de la présente étude, les spécialistes ont prélevé des échantillons d'eau dans le bassin hydrographique non contaminé de la rivière Mississagi afin d'estimer la teneur naturelle en métaux et en radionucléides que l'on trouvait probablement dans les eaux de surface du bassin hydrographique de la rivière Snake avant la contamination par les activités d'Elliot Lake.

Quant à l'estimation des concentrations naturelles de contaminants dans les sédiments, on sait que les sédiments contaminés s'accumulent sur les sédiments non contaminés lors des opérations minières. Des spécialistes ont prélevé des carottes de sédiments pour voir ce que ces derniers pouvaient apporter sur les changements touchant la contamination de l'environnement dus aux opérations minières. En examinant les concentrations de métaux et de radionucléides dans les couches sédimentaires profondes, les spécialistes ont pu estimer les concentrations naturelles de métaux et de radionucléides dans les sédiments avant les activités minières.

Ces approches combinées ont aidé à estimer les concentrations de métaux et de radionucléides dans l'eau et les sédiments d'Elliot Lake avant l'exploitation minière – ce sont les niveaux de référence. Les niveaux de référence estimés dans le cadre de cette étude guideront la CCSN dans l'évaluation du rétablissement environnemental du bassin hydrographique de la rivière Snake.

Visitez le site Web de la CCSN pour consulter le rapport final : [*RSP-692.1, Établissement de conditions de référence pour le rétablissement environnemental aux sites miniers historiques d'Elliot Lake.*](#)

Modélisation des procédés thermiques, hydrauliques, mécaniques et chimiques dans la roche et les dispositifs de scellement en argile

Les dépôts géologiques en profondeur sont considérés comme une solution à long terme pour le stockage des déchets radioactifs. Une telle installation reposerait sur un [système à barrières multiples](#) pour le confinement et l'isolement à long terme des déchets. Les formations rocheuses hôtes et les scellements d'argile sont des éléments importants de ce système à barrières multiples. La CCSN a entrepris cette recherche à l'appui de ses examens indépendants des projets de dépôts géologiques en profondeur pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs, comme celui d'Ontario Power Generation (OPG).

Dans le cadre de cette recherche, des spécialistes ont mené des études approfondies sur les différents changements qui pourraient se produire dans la roche et les scellements, c'est-à-dire les changements qui résulteraient de processus thermiques, hydrauliques, mécaniques et chimiques (THMC) qui pourraient influencer le rendement à court et à long terme de ces barrières. L'étude s'est concentrée sur la stabilité des salles de dépôt de déchets, ainsi que sur les puits verticaux qui sont considérés comme la voie potentielle de migration vers le haut des gaz résiduels et des polluants.

Des modèles mathématiques de processus THMC couplés ont été élaborés à partir de données expérimentales provenant de laboratoires de recherche. Ces travaux comprenaient des études des effets sur des échantillons de schiste argileux et de calcaire de Cobourg, des essais de gonflement sur des matériaux d'étanchéité en bentonite MX-80 infiltrés de saumure (voir l'encadré « Le saviez-vous? ») ainsi qu'une expérience de chauffage mettant en jeu des procédés THMC dans des scellements en bentonite et de la [roche argileuse](#).

À l'aide des connaissances acquises dans le cadre de ces expériences, les chercheurs ont effectué des analyses de délimitation de la portée des processus hydrauliques et mécaniques couplés pour le site proposé pour un dépôt géologique en profondeur. L'évaluation montre que les formations rocheuses autour du dépôt conserveraient leur efficacité à contenir les radionucléides, à court et à long terme, malgré les perturbations créées par l'excavation, la production de gaz et un futur cycle glaciaire.

Ce projet a permis au personnel de la CCSN de mieux comprendre les processus de THMC dans les scellements et les roches de bentonite pour évaluer la sûreté à long terme des dépôts géologiques.

Consultez le site Web de la CCSN pour le rapport final : [RSP-413.7, Modélisation des procédés thermohydrauliques, hydrauliques, mécaniques et chimiques dans les roches et les scellements pour le stockage en couches géologiques profondes](#).

Le saviez-vous? Le MX-80 est un produit commercial de bentonite du Wyoming commercialisé par l'American Colloid Company. Il s'agit d'un mélange de plusieurs [horizons de bentonite](#) sodique naturels extraits, séchés et moulu en grains millimétriques et à haute teneur en [smectite](#). Il a une grande capacité à gonfler dans l'eau, et il donne de bonnes propriétés [colloïdales](#), plastiques, de liaison et de faible [perméabilité](#). Le MX-80 peut être utilisé comme tampon et joint d'étanchéité dans le stockage géologique des déchets radioactifs pour limiter la migration des radionucléides et comme revêtement de base pour les décharges contenant de l'eau, des [lixiviats](#) ou d'autres liquides et gaz.



Des représentants de la CCSN et de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) visitent la carrière de Cantley pour examiner les effets de l'érosion glaciaire. Cantley est située au Québec, Canada, où les effets des glaciers sont bien mis en valeur par cette image montrant les [stries glaciaires](#) causées par le mouvement des glaciers. Des études sur les mouvements glaciaires passés pourraient nous éclairer sur la façon dont un futur glacier pourrait avoir une incidence sur la sûreté d'un dépôt en couches géologiques profondes pour le stockage à long terme des déchets radioactifs.

Mise à niveau des logiciels d'évaluation de la sûreté pour les installations d'élimination des déchets nucléaires

La CCSN a mis au point un programme informatique, DOC-WMF, qui peut être utilisé pour améliorer les calculs de dose pour divers types de dépôts de déchets. Ces calculs doivent être d'une grande précision pour assurer la sûreté des installations pour les travailleurs, le public et l'environnement.

DOC-WMF s'appuie sur le code de calcul des doses SOAR de la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis, en élargissant la liste des radionucléides et en augmentant les voies d'exposition. Des spécialistes ont vérifié la fiabilité du code en comparant les estimations de dose de DOC-WMF avec celles d'autres modèles dans deux études de cas, l'une portant sur une installation hypothétique de stockage en profondeur et l'autre sur une installation de stockage en surface. Des comparaisons entre DOC-WMF et d'autres modèles ont révélé des doses similaires dans les deux cas.

Les titulaires de permis qui présentent une demande pour de telles installations devront vérifier et valider les renseignements fournis à l'appui de leur demande. Le personnel de la CCSN peut utiliser ce code pour appuyer son évaluation des calculs de dose des titulaires de permis pour les dépôts de déchets. La figure 3 est une représentation du DCGP proposé par Ontario Power Generation pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs.

Visitez le site Web de la CCSN pour consulter le rapport final : [RSP-613.6, Mise au point et application du code d'évaluation de la sûreté](#).

Incidence de l'effet des microbes sur la gestion des déchets radioactifs

Les dépôts géologiques en profondeur sont étudiés depuis longtemps comme solution possible pour l'élimination des déchets faiblement et moyennement radioactifs. La figure 3, à la page suivante, offre une représentation visuelle d'un dépôt géologique en profondeur. Avant que l'approbation réglementaire de telles méthodes d'élimination puisse être accordée, le demandeur de permis doit élaborer des modèles prudents qui démontrent qu'ils assureront la sûreté à long terme des personnes et de l'environnement.

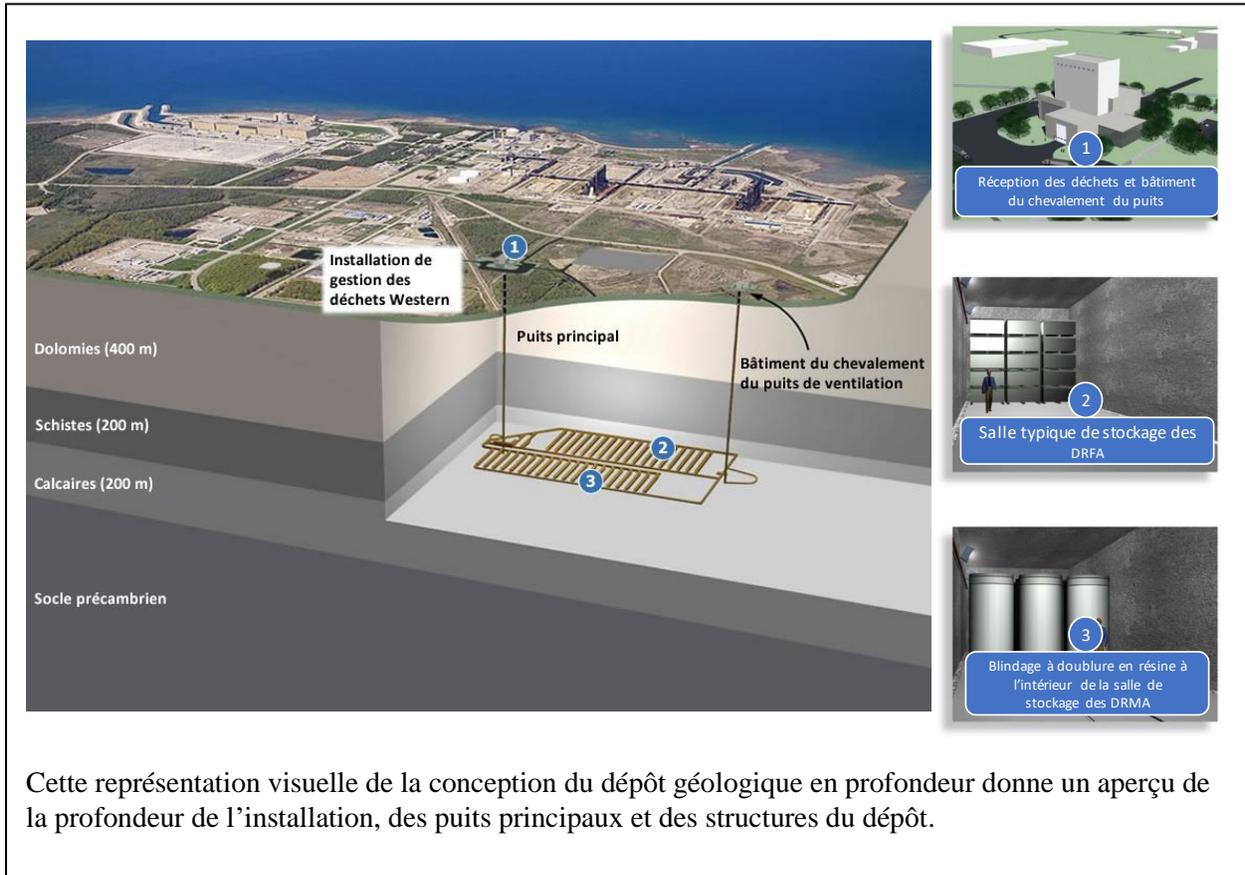
Mais ce ne sont pas « seulement » des roches que les scientifiques doivent examiner. Saviez-vous que l'étude des effets des microbes joue un rôle important dans l'évaluation de la sûreté d'un dépôt géologique en profondeur? La CCSN a financé ce projet afin d'en apprendre davantage sur la façon dont l'activité microbienne peut influencer sur le confinement et l'isolement à long terme des radionucléides dans les déchets faiblement et moyennement radioactifs de ces dépôts, en particulier sur les effets de cette activité sur les scellements de puits et la roche hôte.

L'étude indique que la décomposition des matières organiques par les microbes produit des gaz et des acides. L'accumulation de pression par les gaz dans les cavités du dépôt diminue la vitesse à laquelle l'eau remplit les cavités rocheuses qui contiennent les déchets. Le retard de l'inondation des cavernes rocheuses allonge le temps d'isolement et de confinement des radionucléides solubles dans l'eau. C'est une condition souhaitable, car le temps nécessaire au transport des radionucléides dans la roche augmentera.

La dégradation microbienne des matières organiques contenues dans les déchets produit également des acides qui pourraient détériorer le substratum rocheux hôte et les scellements des puits destinés à isoler et à contenir les déchets radioactifs. L'étude suggère qu'une analyse plus poussée des microbes dans les contenants de stockage réels pourrait aider à mesurer l'impact à long terme des gaz dans un dépôt géologique en profondeur.

Les modèles utilisés pour prédire les scénarios d'étanchéité de puits et de roches d'accueil peuvent être mis à jour à l'aide de l'information sur les effets de l'activité microbienne obtenue dans le cadre de ce projet afin de créer une marge de sûreté adéquate pour la durée de vie des dépôts.

Visitez le site Web de la CCSN pour consulter le rapport final : [RSP-613.2, Production de gaz par les déchets organiques sur une période de sept ans : incidence sur la gestion des déchets de faible et de moyenne activité.](#)

Figure 3 : Représentation visuelle d'un projet du dépôt géologique en profondeur

Appui au Sustainable Network for Independent Technical Expertise pour l'élimination des déchets radioactifs - 2^e phase achevée

Le Sustainable network for Independent Technical Expertise (SITEX) for radioactive waste disposal(2012-2013) et SITEX II (2015-2017) sont des projets soutenus par l'Union européenne qui visent à résoudre les problèmes de sûreté de la gestion à long terme des déchets hautement radioactifs auxquels l'industrie nucléaire est confrontée dans le monde.

La deuxième phase du projet SITEX s'est achevée au cours du dernier exercice financier. L'objectif de SITEX II était de s'appuyer sur le succès de SITEX I et de constituer un réseau d'expertise visant à harmoniser les activités liées aux compétences techniques indépendantes en matière de sûreté des dépôts géologiques en profondeur. SITEX II réunissait des représentants de 18 organisations, dont des organismes de réglementation, des organismes de soutien technique, des organismes de recherche et des [organisations de la société civile](#). Voici un aperçu des réalisations de SITEX II :

- Un programme de recherche stratégique a été élaboré pour mettre en œuvre la recherche sur l'élimination des déchets radioactifs afin d'améliorer les connaissances et l'expertise en matière d'examen des cas de sûreté.
- Les participants ont préparé plusieurs exposés de position réglementaires sur l'optimisation, la caractérisation des sites et les critères d'acceptation des déchets.
- Ils ont également élaboré plusieurs documents d'orientation sur l'examen technique des dossiers de sûreté, élaboré des modules de formation et les ont mis à l'essai lors d'un atelier de formation organisé par SITEX à l'intention des experts généraux participant à l'examen des dossiers de sûreté.
- Enfin, des ateliers ont été organisés pour promouvoir l'interaction avec la société civile dans le cadre du stockage géologique.

Avec la conclusion de SITEX II, les participants au projet ont exprimé leur intérêt pour la formalisation du réseau SITEX. Le réseau poursuivrait la coopération internationale pour développer une expertise de qualité dans ce domaine au moyen de quatre activités principales : recherche et développement liés à la sûreté de la gestion des déchets, promotion de l'interaction avec les organisations de la société civile, activités liées à l'examen des dossiers de sûreté et perfectionnement des compétences professionnelles par le biais de séminaires et de visites sur le terrain, comme le Laboratoire de recherche souterrain.

Le rapport final est disponible sur le [site Web de SITEX II](#).

Le saviez-vous? La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) a entrepris un processus de sélection d'emplacements afin de trouver des sites potentiels pour l'aménagement d'un dépôt géologique en profondeur destiné à stocker le combustible nucléaire irradié du Canada. À l'heure actuelle, cinq sites font encore l'objet d'un processus de sélection par la SGDN. Trois d'entre eux se trouvent dans le Bouclier canadien et sont constitués d'anciennes roches précambriennes. Les deux autres se trouvent dans des roches sédimentaires du Paléozoïque. Les facteurs qui influent sur la stabilité à long terme de la roche d'accueil - comme les risques sismiques, la glaciation future, la perméabilité et les changements climatiques - doivent être pris en compte au moment de choisir un site. Les recherches menées sur les roches précambriennes et paléozoïques ont montré qu'elles ont des propriétés idéales pour une stabilité à long terme en tant que roche d'accueil pour un dépôt géologique en profondeur.

Réunion technique de l'AIEA sur la *feuille de route pour la mise en place d'une installation de stockage géologique*

Le Réseau d'installations de recherche souterraine pour le stockage géologique de l'AIEA encourage l'élaboration à l'échelle mondiale de programmes de stockage géologique sûrs, durables et efficaces. En tant que membre de ce groupe de travail, la CCSN a contribué à l'élaboration d'un document préliminaire décrivant la feuille de route pour l'élaboration d'un dépôt géologique pour la gestion à long terme des déchets de moyenne et haute radioactivité. Ce document fournira des orientations générales aux États membres de l'AIEA.

La CCSN a tenu une réunion technique à son Administration centrale à laquelle ont participé des représentants de groupes de travail de l'AIEA afin de poursuivre les travaux sur l'ébauche du document *Roadmap for Developing a Geological Disposal Facility* (Feuille de route pour l'aménagement d'une installation d'élimination géologique). La réunion a permis de recueillir et d'examiner les précieux commentaires des États membres sur le document et l'étendue du plan générique pour un programme de stockage géologique. En plus d'examiner l'ébauche du document et de tenir des discussions de groupe, les participants à la réunion ont parlé de l'élaboration et de la mise en œuvre des programmes nationaux de stockage géologique.

Le groupe de travail s'est servi des réactions des États membres au document de feuille de route pour élaborer un meilleur plan générique pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme de stockage géologique. La feuille de route aidera la CCSN à évaluer l'élaboration des programmes d'élimination géologique au Canada.



Participants du groupe de travail de l'AIEA travaillant à l'ébauche du document *Roadmap for Developing a Geological Disposal Facility*.

Valider des modèles internationaux en fonction d'expériences - DECOVALEX

La CCSN est l'une des 11 organisations membres qui participent au projet Développement de modèles COuplés et VALidation en fonction d'EXpériences (DECOVALEX). DECOVALEX est une coopérative internationale à laquelle les organisations membres apportent des fonds et des compétences pour soutenir l'amélioration de la compréhension du rendement à long terme des barrières techniques et géologiques des dépôts en couches géologiques profondes. Au cours du dernier exercice, la CCSN a participé à la troisième réunion, tenue à Stockholm, et a accueilli la quatrième réunion à Kingston (Ontario).

Lors de ces deux réunions, la CCSN a fait le point sur deux tâches auxquelles elle participe. La première tâche consiste à modéliser le flux de gaz à travers des matériaux à faible [perméabilité](#). La seconde est une expérience qui modélise un glissement de faille dû à l'injection d'eau dans une formation [rocheuse argileuse](#). Les résultats préliminaires des deux tâches et des modèles qui leur sont associés ont permis d'obtenir des données similaires à celles des données expérimentales.

La quatrième réunion a permis à la CCSN d'avoir accès à des données expérimentales et à des comparaisons de divers modèles, ainsi qu'à un examen des résultats de recherche de la CCSN par des experts internationaux. Un résumé de toutes les [activités de recherche liées à la réglementation de la CCSN et au stockage géologique des déchets radioactifs](#), disponible sur le site Web de la CCSN, a également été présenté.

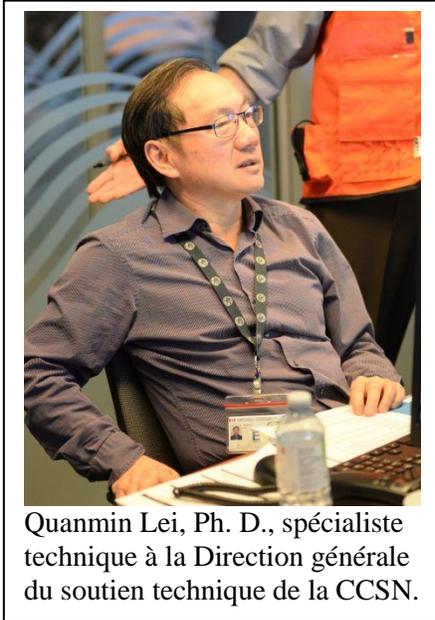
La participation de la CCSN à cet effort de coopération fournira au personnel les plus récentes avancées dans ce domaine. Les études ont permis d'établir le fondement technique de l'évaluation des demandes relatives aux dépôts géologiques en profondeur.



Les participants font une pause pour une photo de groupe à la réunion de DECOVALEX à Kingston, en Ontario.

Pleins feux sur le personnel de la CCSN

Quanmin Lei, Ph. D.



Quanmin Lei, Ph. D., spécialiste technique à la Direction générale du soutien technique de la CCSN.

Les connaissances et l'expertise de nombreuses personnes, dont M. Quanmin Lei, sont nécessaires pour soutenir le travail opérationnel de la CCSN. M. Lei peut s'appuyer sur une solide formation technique grâce à son baccalauréat et à sa maîtrise en génie agricole et à son doctorat en génie mécanique. Au cours des 28 dernières années, son travail au sein de l'industrie nucléaire CANDU et auprès de la CCSN lui a permis d'acquérir les connaissances et la capacité d'expert nécessaires pour examiner et évaluer les mesures de sûreté visant à prévenir et à atténuer les accidents, notamment les accidents graves dans les centrales nucléaires. Il a été une ressource clé ayant une compréhension poussée des phénomènes, de l'évolution et des conséquences des accidents graves, et il est capable d'effectuer des simulations, des diagnostics et des pronostics d'accidents graves.

L'expérience acquise par M. Lei avant de se joindre à la CCSN lui a apporté une solide expérience industrielle qui lui a permis d'exceller dans ses contributions à la réglementation. Il a occupé divers postes de spécialiste technique et de gestionnaire auprès d'Énergie atomique du Canada limitée (EACL), d'OPG et de

Nuclear Safety Solutions. Au cours de son mandat à EACL, M. Lei a enrichi et appliqué son expertise dans les domaines du combustible, des canaux de combustible, des analyses de sûreté thermohydraulique et des évaluations de sûreté en cas d'accident grave. À OPG, il a mis à profit ses compétences en élaboration de codes et en méthodes numériques pour effectuer des examens techniques et des évaluations de sûreté du combustible et des canaux de combustible aux fins de la délivrance de permis et du contrôle de la conformité de sûreté. À Nuclear Safety Solutions, M. Lei a acquis de l'expérience dans l'évaluation de la sûreté pour des scénarios hypothétiques touchant des conteneurs de stockage à sec.

M. Lei s'est joint à la CCSN en 2012 à titre de spécialiste technique à la Division du comportement des réacteurs. Grâce à sa formation et à son expertise industrielle, il a effectué des examens techniques de demandes de titulaires de permis, contribué à l'élaboration de documents d'application de la réglementation, participé à des activités et à des projets internationaux et dirigé des travaux de R-D sur les accidents graves. La gestion des accidents est importante pour la CCSN parce qu'elle aide ses titulaires de permis à mettre en œuvre les mesures de sûreté nécessaires pour prévenir les accidents, ainsi que des mesures d'atténuation en cas d'accident. M. Lei a passé en revue les exigences et les pratiques internationales post-Fukushima en matière de gestion des accidents et a joué un rôle de premier plan dans l'élaboration du document REGDOC-2.3.2 de la CCSN, *Gestion des accidents*, qui renforce le cadre de réglementation de la CCSN. Son expertise a également été sollicitée dans le cadre des travaux internationaux du groupe de travail sur l'analyse et la gestion des accidents de l'Agence pour l'énergie nucléaire. Il a dirigé un groupe de travail international chargé de produire un rapport sur l'état de l'art en matière de conseils et de mesures de gestion des accidents graves en faisant appel à la simulation analytique. Les contributions de M. Lei ont aidé la CCSN à maintenir sa culture de sûreté en s'assurant que le personnel est informé des dernières avancées en matière de gestion des accidents.

En mettant à profit son expérience de l'industrie et de la CCSN, ainsi que ses connaissances de la physique fondamentale, des principes d'ingénierie, des phénomènes liés aux accidents ainsi que de l'évolution et de la simulation de ces derniers, M. Lei a grandement fait progresser les normes de sûreté

nucléaire de la CCSN pour faire respecter le mandat de l'organisation. Ses efforts continus lui ont valu plusieurs prix de la CCSN, ainsi qu'une reconnaissance internationale pour ses efforts au sein du Groupe de travail sur l'analyse et la gestion des accidents de l'Agence pour l'énergie nucléaire et de l'Organisation de coopération et de développement économiques.

Faire progresser les perspectives réglementaires en matière de nouvelles technologies

La CCSN tient à jour un cadre de réglementation solide en faisant évoluer sa perspective au moyen de la R-D scientifique. Le Programme de recherche et de soutien favorise le partage de ces connaissances avec des partenaires internationaux afin que les organismes de réglementation puissent appliquer les normes les plus rigoureuses qui soient. Grâce à la collaboration internationale sur les technologies nucléaires de pointe et aux connaissances acquises par le biais des problèmes éprouvés à l'échelle internationale, la CCSN peut continuellement améliorer son cadre de réglementation en se fondant sur des données scientifiques. La CCSN est ainsi toujours prête à relever les défis réglementaires que posent les nouvelles technologies.

Les projets décrits dans cette section appuient le maintien des normes relatives aux technologies nucléaires de pointe.



La sixième réunion technique sur les études probabilistes de sûreté (EPS) liées aux réacteurs CANDU a été organisée par l'AIEA et accueillie par la CCSN en octobre 2017. Le but de cette réunion était de faciliter l'échange d'information et l'harmonisation des pratiques des EPS entre les sept pays membres qui exploitent des réacteurs de type CANDU. Des représentants de la CCSN, de l'Argentine, de la Chine, de l'Inde, de la Corée, du Pakistan et de la Roumanie ont participé à la réunion.

Aperçu de la conception et de l'expérience d'exploitation d'un réacteur à sels fondus

Au cours de l'exercice 2017-2018, les développeurs s'intéressant à la technologie moderne des réacteurs à sels fondus (RSF) ont manifesté un intérêt accru envers le processus d'examen de la conception de fournisseurs préalable à l'autorisation de la CCSN. En réponse à cet intérêt, la CCSN a retenu les services du Laboratoire national d'Oak Ridge (ORNL), une installation de R-D du département de l'Énergie des États-Unis, pour élaborer et présenter une séance d'information sur son programme historique de technologie moderne des réacteurs à sels fondus. Ce programme, qui s'est déroulé de 1946 à 1969, est aujourd'hui relancé grâce à des travaux partagés entre les concepteurs de technologies et le gouvernement des États-Unis. Un certain nombre de nouveaux développeurs utilisent l'information scientifique et l'expérience des réacteurs prototypes de l'ORNL, en particulier celui de l'Expérience sur les réacteurs aux sels fondus (MSRE), qui était en cours pendant les années 1960, comme installations d'essai de sels de combustible et de matériaux. La CCSN utilise des contrats comme celui-ci pour appuyer l'état de préparation technique continue en vue de la délivrance de permis pour des projets qui peuvent comprendre de nouvelles technologies comme les RSF.

Les études de la CCSN sur les technologies RSF ont révélé de nombreuses configurations possibles de centrales, qui utiliseraient toutes un ou plusieurs types de sels fondus pour évacuer la chaleur du réacteur à fission à des fins différentes, comme la production d'électricité et la chaleur industrielle. Tous les réacteurs nucléaires actuellement en exploitation ont besoin d'un liquide de refroidissement pour contrôler la chaleur produite par le combustible. L'une des raisons pour lesquelles les développeurs choisissent cette option est que les sels fondus ont un point d'ébullition nettement plus élevé à la pression atmosphérique que l'eau légère ou lourde (le liquide de refroidissement habituel du réacteur), qui doit être maintenue à une pression très élevée pour rester liquide à haute température. Cela signifie que, lorsqu'il est utilisé comme liquide de refroidissement, le sel fondu continuerait de refroidir efficacement le réacteur à l'état liquide bien au-dessus des températures où l'eau aurait jailli en vapeur - rendant ainsi le réacteur plus résistant aux accidents à haute température. En outre, des expériences ont montré que les RSF ont des [comportements inhérents](#) et [passifs](#) à divers degrés qui peuvent les rendre plus résistantes aux conditions qui ont contribué aux accidents.

Les conceptions de RSF en cours d'élaboration vont des conceptions traditionnelles de combustibles solides utilisant un réfrigérant à base de sel fondu à des variantes modernes du concept MSRE qui utiliseraient un réfrigérant à base de sel fondu avec des matières fissiles dans le sel (sel fissile) plutôt que des combustibles solides traditionnels sous forme de pastilles.

De nouveaux travaux de R-D menés par des développeurs et des instituts de recherche du monde entier poursuivent le travail entamé par l'ORNL, et des développeurs et des chercheurs ont participé à des efforts internationaux tels que le Forum international Génération IV. À mesure que les développeurs de technologies continuent de collaborer avec la CCSN dans le cadre du [processus d'examen de la conception de fournisseurs préalable à l'autorisation](#), la CCSN collabore également avec des organismes de R-D et de nouveaux forums sur la technologie des réacteurs pour compléter les connaissances sur les nouvelles avancées technologiques et les pratiques exemplaires pour les nouvelles technologies. Ainsi, la CCSN disposera des meilleures connaissances pour prendre des décisions éclairées si des développeurs demandent un permis d'utilisation de la technologie des RSF.

Le saviez-vous? Un réacteur à sels fondus a servi de base à la conception de l'expérience *Aircraft Reactor Experiment* (ARE) de l'Armée de l'air des États-Unis. Les essais de l'ARE ont été effectués de 1954 à 1957 pour voir si l'énergie nucléaire pouvait être utilisée pour propulser un avion. En raison de la difficulté d'assurer la sécurité tout au long du vol, le projet a été interrompu. Cependant, le réacteur a pu atteindre en toute sécurité une température impressionnante de 860 °C.

L'avion était propulsé par des moteurs à réaction et à hélices, et 47 vols ont été enregistrés entre 1955 et 1957. Pendant chaque vol, le réacteur n'alimentait pas l'avion, mais il était mis en marche pour recueillir des données afin de déterminer si un réacteur nucléaire était un moyen réalisable pour propulser des avions. En fin de compte, des préoccupations liées à la sûreté et au budget ont mené à l'abandon du projet, car il devenait peu pratique d'utiliser l'énergie nucléaire comme moyen de propulsion. Les améliorations apportées aux avions classiques et à la conception des moteurs ont été d'autres raisons pour lesquelles on a arrêté le projet.

Séminaire technique sur les exigences de construction de l’American Society of Mechanical Engineers pour les réacteurs à haute température

En 2017-2018, la CCSN a participé au séminaire technique sur les réacteurs à haute température de la section III, division 5, de l’American Society of Mechanical Engineers (ASME).

La CCSN examine actuellement les [petits réacteurs modulaires](#), qui fonctionnent à des températures plus élevées que les réacteurs refroidis à l’eau comme le réacteur CANDU. À ces températures, les modes et les mécanismes de défaillance seront différents, et la division 5 de la section III de l’OCDE sert de base à la phase de conception. La CCSN participe à ces séminaires techniques afin de perfectionner son expertise sur d’importants aspects de la conception et de l’évaluation des dommages lors des examens de la conception des fournisseurs de réacteurs à haute température préalables à l’autorisation.

Le séminaire technique a présenté au personnel de la CCSN un aperçu des exigences de la division 5, des différences dans le principe de conception et le fondement technique de la façon dont les exigences se rapportent à l’intégrité structurale des réacteurs à haute température. Les exigences de conception ont une incidence sur les domaines de sûreté d’intérêt, en particulier le choix des matériaux, la fabrication et l’installation, les essais, la protection contre les surpressions et l’assurance qualité des composants.

Au cours des deux jours, les participants au séminaire ont présenté des renseignements pertinents qui aideront le personnel de la CCSN à effectuer des examens préalables à l’autorisation de la conception des petits réacteurs modulaires par les fournisseurs.

Visitez le site Web de la CCSN pour consulter les présentations du séminaire (disponibles en anglais seulement) : [RSP-688.1 : Séminaire technique sur les exigences de l’ASME pour la construction de réacteurs à haute température; Exploitation à températures élevées; Matériaux en graphite \(1\); Matériaux en graphite \(2\), Réacteurs à haute température, matériaux.](#)

Engagements internationaux

Les avantages de la recherche de la CCSN vont souvent bien au-delà de la scène nationale. L'organisation collabore également avec des organisations internationales telles que l'UNSCEAR, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développements économiques (AEN/OCDE) et l'AIEA). Cette collaboration facilite l'échange d'information et, en fin de compte, l'expansion de la base de connaissances que les participants utilisent pour éclairer et mettre en œuvre les décisions en matière de réglementation.

La présente section décrit les initiatives internationales auxquelles la CCSN a participé au cours du dernier exercice.



Lors de la conférence générale annuelle de l'AIEA, les États membres examinent les questions soulevées par le Conseil des gouverneurs, le directeur général et les États membres. La photo montre la délégation canadienne à la 61^e Conférence générale de l'AIEA à Vienne, en Autriche.

Organisation de coopération et de développement économiques

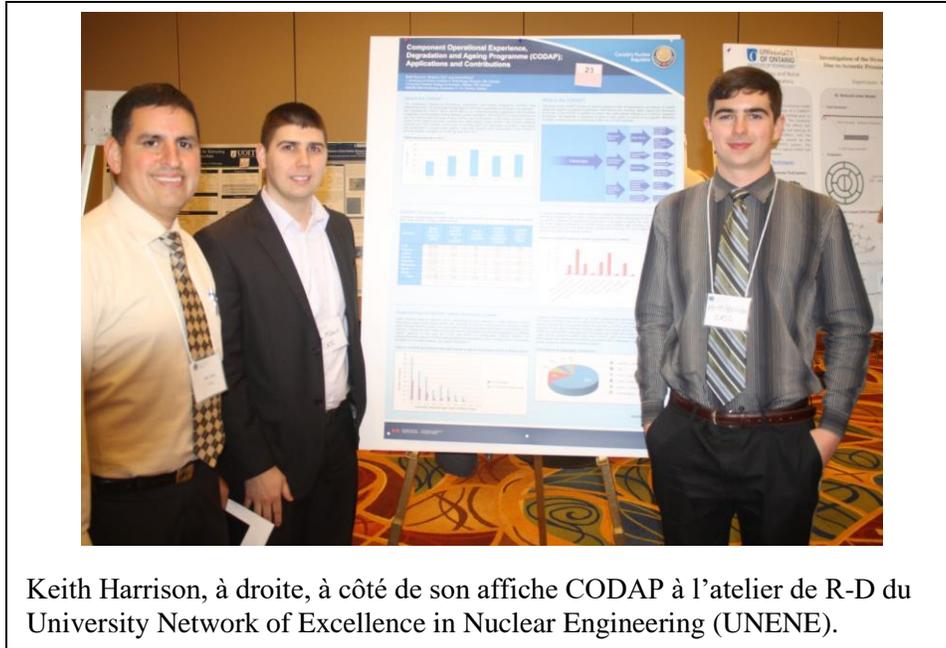
L'OCDE est un organisme intergouvernemental qui facilite la coopération entre les États membres en vue de collaborer, de partager des expériences et de résoudre des problèmes. La CCSN a participé aux travaux de l'OCDE dans le cadre d'un certain nombre de projets conjoints avec l'AEN (une agence spécialisée de l'OCDE). Au cours de la dernière année, la CCSN a participé à plusieurs projets de l'OCDE, comme la phase II du Programme d'expérience opérationnelle, de dégradation et de vieillissement (CODAP), le Programme multinational d'évaluation de la conception (MDEP) et la phase II de la recherche sur les données et les connaissances relatives au vieillissement des câbles (CADAK).

La participation aux projets de l'OCDE a aidé la CCSN à diffuser de l'information scientifique objective, à élaborer le fondement scientifique des politiques et des décisions en matière de réglementation et à entretenir des relations internationales avec d'autres organisations du secteur nucléaire.

CODAP Phase II

L'Agence pour l'énergie nucléaire a créé un projet unifié, CODAP, qui combine deux projets liés à la sûreté et à l'exploitabilité des centrales : l'expérience des composants et le programme d'étude de la dégradation et du vieillissement. L'objectif du CODAP est de créer une base de données qui peut être partagée entre les organismes de réglementation et d'autres organisations internationales afin de fournir une rétroaction pour la réglementation des réacteurs, les examens non destructifs et les inspections des installations en fonctionnement.

La nouvelle phase a permis d'améliorer les réalisations antérieures du CODAP, et les participants ont échangé des pratiques exemplaires et discuté des problèmes techniques éprouvés par les organismes de réglementation. Le CODAP a fourni aux titulaires de permis des points de repère sur l'expérience opérationnelle et des rapports supplémentaires sur les mécanismes de dégradation et il a donné à la CCSN accès à une base de données complète et à jour sur les défaillances de canalisations, que le personnel de la CCSN utilise pour examiner les demandes des titulaires de permis liées à l'aptitude fonctionnelle. De plus, les données recueillies sur les effets du vieillissement peuvent aider à améliorer la gestion du vieillissement par la CCSN en donnant un aperçu des sujets de préoccupation établis identifiés dans la base de données.



Keith Harrison, à droite, à côté de son affiche CODAP à l'atelier de R-D du University Network of Excellence in Nuclear Engineering (UNENE).

Programme multinational d'évaluation de la conception de l'OCDE

Le MDEP est un effort international mené par des autorités réglementaires nationales pour aider à établir des pratiques réglementaires de référence qui améliorent la sûreté des nouvelles conceptions de réacteurs. Par l'entremise de ses forums, le MDEP facilite l'échange d'information entre les experts en réglementation et met à leur disposition toute une gamme de compétences pour discuter des enjeux de façon informelle. Les projets réalisés jusqu'à ce jour ont prouvé que le MDEP est un excellent moyen d'accroître le partage des connaissances destinées aux examens de la conception réglementaire.

La CCSN fait partie du groupe des politiques, du comité technique directeur et des groupes de travail suivants : AP1000, coopération en matière d'inspection des fournisseurs, codes et normes, et instrumentation et contrôle numériques. La participation a pris la forme de réunions tout au long de l'année dans le cadre desquelles les groupes de travail ont discuté des moyens d'élaborer davantage sur chaque aspect. Un rapport de fin d'année a été publié sur les réalisations du MDEP.

La CCSN continue de participer au MDEP afin d'accroître ses contributions internationales et d'appliquer les leçons tirées de l'expérience internationale aux examens de nouvelles conceptions potentielles.

Projet de données et de connaissances sur le vieillissement des câbles - Phase II

Le projet CADAK est une plateforme que les pays participants de l'AEN utilisent pour échanger des données et des connaissances sur les phénomènes de vieillissement des câbles afin de faire progresser le domaine. La CCSN a participé à ce projet pour aider les experts techniques à prendre des décisions fondées sur les connaissances scientifiques actuelles en gestion du vieillissement des câbles.

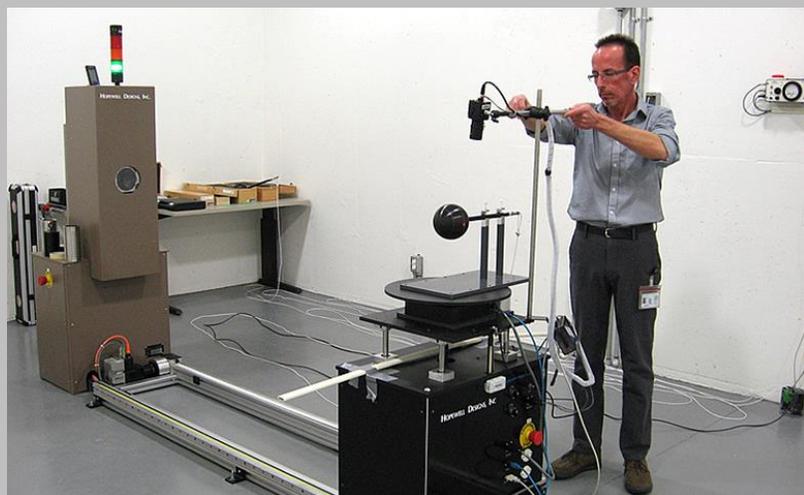
La phase II de CADAK s'est appuyée sur les travaux antérieurs de la phase I, qui visait à accroître les connaissances relatives au vieillissement des câbles. Cette phase comprenait également des discussions sur les événements internationaux qui touchent les câbles. La CCSN a pu partager ses connaissances et son expérience en exploitation sur le vieillissement des câbles avec ses homologues internationaux. En outre, d'autres organismes de réglementation ont fait part de leur expérience, ce qui a contribué à l'évolution de l'estimation de la durée de vie restante des câbles utilisés dans les centrales nucléaires.

Les pays participants ont conclu que, dans l'ensemble, le projet a démontré que la performance adéquate des câbles et la gestion du vieillissement dans des conditions normales d'exploitation et après un accident pendant des périodes de plus de 60 ans représenteront un défi exigeant. Il semble que l'approbation de la durée de vie d'une centrale nucléaire au-delà de 60 ans nécessite de nouveaux résultats d'essais représentatifs et des recherches sur les matériaux des câbles. Cela exige également davantage d'expérience opérationnelle et d'analyses pour reconnaître les sujets et les cibles critiques en vue de la réalisation d'inspections, d'évaluations et d'entretiens préventifs supplémentaires.

Le saviez-vous? Le laboratoire de la CCSN a obtenu l'accréditation ISO/CEI 17025 pour l'étalonnage de ses instruments de gammagraphie et de ses dosimètres personnels électroniques. Publiée par le Conseil canadien des normes, cette norme mondiale sert à évaluer la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais. Le laboratoire de la CCSN est le premier au Canada à être accrédité pour l'étalonnage des étalons de mesure et des instruments de levés pour la gammamétrie. L'accréditation selon la norme ISO/CEI 17025 témoigne de l'engagement de la CCSN à atteindre l'excellence dans ses activités et à favoriser la confiance du public. Pour obtenir l'accréditation, le laboratoire de la CCSN devait satisfaire à des exigences rigoureuses, notamment une évaluation du système de gestion et de la documentation papier ainsi qu'une évaluation sur place des processus, du personnel, de l'équipement et des essais d'aptitude. L'obtention de cette accréditation fait du laboratoire de la CCSN un chef de file dans les services d'étalonnage nécessaires à la réglementation nucléaire et aux mesures de rayonnement connexes.



Certification accordée au laboratoire de la CCSN pour avoir satisfait à toutes les exigences de la norme ISO/CEI 17025.



Clifford Chouinor, technologue en instrumentation de la CCSN, établit une norme de travail pour l'étalonnage au laboratoire de la CCSN.

Initiatives du Programme canadien d'appui aux garanties

L'AIEA est chargée de fournir l'assurance que les matières et installations nucléaires sont utilisées uniquement à des fins pacifiques. Elle s'acquitte de cette responsabilité en mettant en œuvre des mesures de vérification connues collectivement sous le nom de garanties. Le Programme canadien d'appui aux garanties (PCAG) a été créé en 1977 pour aider l'AIEA à mettre au point les équipements et capacités nécessaires aux garanties. Aujourd'hui, le PCAG appuie la mise en œuvre des garanties par l'élaboration et l'avancement des technologies et de l'équipement de garanties, la formation des inspecteurs de l'AIEA et le renforcement et le maintien des capacités en matière de garanties. Les résumés qui suivent soulignent certaines des contributions que le PCAG a apportées au cours de l'exercice 2017-2018 à l'avancement des garanties et à la [non-prolifération](#).

Le Canada célèbre 40 ans de coopération avec l'AIEA en matière d'élaboration de garanties

Lors de la réunion du Programme d'appui aux États membres tenue en février 2018, l'AIEA a reconnu le PCAG pour ses 40 années de coopération en matière d'élaboration de garanties, notant que le PCAG est le deuxième plus ancien programme établi d'appui aux garanties des États membres. Au cours de la réunion, la CCSN a souligné les 40 ans de ses propres contributions, en mettant notamment de l'avant l'évolution de la technologie des garanties pour les réacteurs CANDU; la mise au point du dispositif numérique de visualisation [Cerenkov](#), qui est largement utilisé par l'AIEA pour vérifier le combustible nucléaire irradié des réacteurs à eau légère; les cours de formation pour les inspecteurs de l'AIEA; l'application du matériel de télédétection aux garanties; et les contributions aux outils de gestion de l'information pour la déclaration des États à l'AIEA.



David Moroz, directeur de la Division des garanties internationales de la CCSN, accepte le certificat d'appréciation de l'AIEA de Tero Varjoranta, directeur général adjoint et chef du service des garanties de l'AIEA.

Élaboration du Portail de déclaration des États de l'AIEA

Les États membres de l'AIEA sont tenus de soumettre des rapports de comptabilité des matières nucléaires qui prouvent qu'ils respectent leurs obligations en matière de [non-prolifération](#). Les rapports indiquent l'inventaire des matières nucléaires d'un État qui sont utilisées, conservées en tant que déchets et non utilisées à des fins nucléaires. Le Portail de déclaration des États constituera un moyen plus efficace pour que les États partagent ces informations avec l'AIEA.

Le Portail de déclaration des États est un système Web récemment mis en place par l'AIEA pour la transmission d'informations sur les garanties entre un État membre de l'AIEA et cette dernière. En particulier, le Portail de déclaration des États de l'AIEA constitue une voie de communication bidirectionnelle sécurisée pour faciliter la transmission des déclarations des États. La participation du Canada à l'élaboration du Portail de déclaration des États par l'entremise du PCAG a complété la récente refonte des systèmes d'information sur les garanties de l'AIEA dans le cadre du projet pluriannuel de plusieurs millions de dollars MOSAIC.

Le Canada est devenu le premier pays à soumettre des données au Portail de déclaration des États. Au fil du temps, à mesure que de plus en plus d'États présenteront des données de cette façon, l'AIEA sera en mesure de réduire le nombre de processus sur papier pour l'échange d'informations, ce qui fera gagner du temps au personnel de toutes les parties et réduira le temps global nécessaire au traitement des déclarations. Le Portail de déclaration des États a également le potentiel d'accroître la fiabilité et l'intégrité des données soumises.

La prochaine génération

La CCSN mène et appuie des initiatives de sensibilisation à l'intention des jeunes Canadiens. Son objectif est simple : susciter et soutenir l'intérêt pour le travail dans les domaines scientifiques. Ces initiatives comprennent des programmes en milieu scolaire, des programmes coopératifs universitaires et des activités de sensibilisation du public. En participant à des activités de sensibilisation, la CCSN contribue à diffuser de l'information scientifique, technique et réglementaire de manière à mobiliser divers auditoires et à contribuer à la prochaine génération de scientifiques, d'ingénieurs et d'experts techniques qui formeront une partie importante et solide de l'effectif.

Les résumés suivants décrivent les mesures que la CCSN a prises au cours du dernier exercice financier pour encourager cet intérêt.

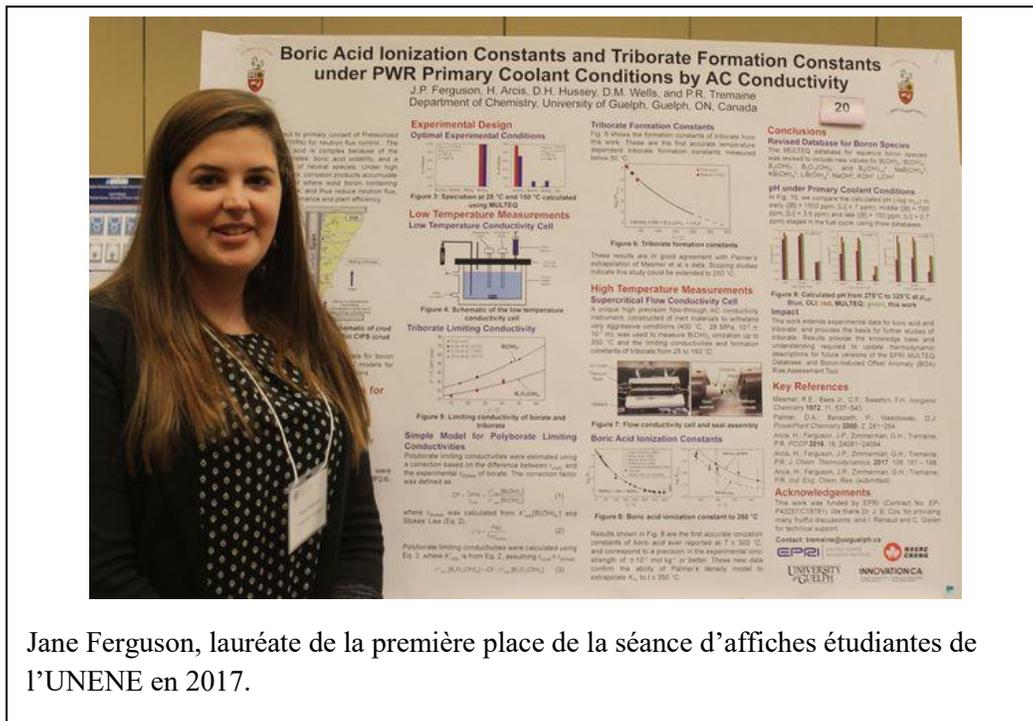


La CCSN a participé à la Scientifête de l'Odyssée des sciences de 2017, où les gens ont visité le kiosque de la CCSN et rencontré son personnel et ils en ont appris davantage sur les sciences nucléaires. En plus des modules interactifs en ligne de la CCSN, des experts ont fait la démonstration de certains articles courants qui contiennent des rayonnements. [Visitez le portail d'apprentissage.](#)

Séance annuelle d'affiches de l'atelier annuel des étudiants de l'UNENE

L'UNENE a été créé en 2002 grâce à un partenariat entre des chefs de file de l'industrie et des universités. Les trois principaux objectifs de l'UNENE sont de créer un bassin d'experts scientifiques disponibles pour consultation indépendante par les membres du secteur, de soutenir la recherche nucléaire dans les universités par des initiatives de financement et d'assurer la formation de personnel qualifié pour développer davantage leurs compétences. L'UNENE offre également aux travailleurs actuels du secteur les outils et les ressources nécessaires pour obtenir une maîtrise en génie tout en poursuivant leur carrière professionnelle.

L'UNENE tient une séance annuelle d'affiches scientifiques qui permet aux étudiants qui font de la recherche de présenter leurs résultats à ses organisations membres, qui sont composées de partenaires du gouvernement fédéral, de l'industrie et des universités. La CCSN est l'un des deux membres du gouvernement fédéral et elle accorde des fonds de recherche à l'UNENE pour l'aider dans ses initiatives. Jane Ferguson, de l'Université de Guelph, a remporté la première place en 2017. Ses recherches ont porté sur les propriétés thermodynamiques des acides boriques qui sont nécessaires pour la modélisation précise de la chimie des liquides de refroidissement dans les réacteurs à eau sous pression.



Jane Ferguson, lauréate de la première place de la séance d'affiches étudiantes de l'UNENE en 2017.

Renouvellement de l'effectif de la CCSN

La CCSN est déterminée à renforcer la prochaine génération de travailleurs. Grâce au programme d'enseignement coopératif de la CCSN, les étudiants de premier et de deuxième cycles peuvent acquérir de l'expérience de travail dans le secteur nucléaire. Les étudiants de plusieurs domaines, y compris le génie nucléaire, les sciences de la santé ou d'autres sciences, peuvent obtenir des stages de quatre mois, 12 mois ou 15 mois. Les étudiants des deux périodes les plus longues changent de poste tous les quatre mois, ce qui leur permet d'apprendre différents aspects du domaine nucléaire.

Le programme coop prépare efficacement les jeunes employés à la vie active en leur offrant une expérience pratique et l'occasion d'apprendre d'une équipe d'experts. Les étudiants de programmes d'enseignement coopératif peuvent également participer à des activités parascolaires par l'entremise de la CCSN. Il peut s'agir, par exemple, d'événements de bienfaisance, de conférences, de formation dans le secteur et de voyages au pays et à l'étranger. Ces activités aident les étudiants de programmes d'enseignement coopératif à s'engager davantage et à s'intégrer dans le milieu de travail de la CCSN.

Les compétences qu'ils acquièrent dans le cadre du programme peuvent les aider à accélérer leur carrière dans le secteur nucléaire une fois qu'ils ont terminé leurs études, et leur intérêt pour le secteur nucléaire et l'appréciation de ce qu'ils ont appris en travaillant avec l'organisme de réglementation aideront la CCSN à l'avenir.



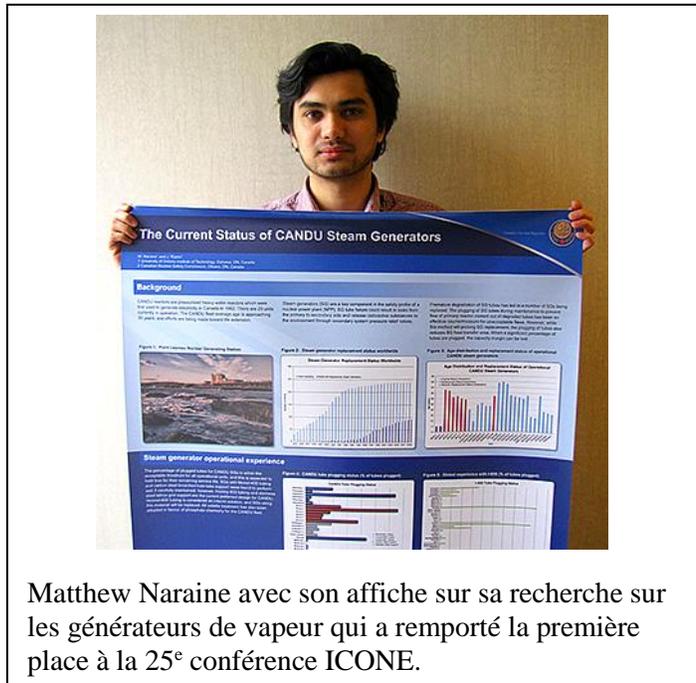
Mayur Patel, étudiant du programme coopératif et coauteur du présent rapport, présente au personnel de la CCSN le travail qu'il a accompli pendant son premier stage à la CCSN.



Les étudiants du programme d'enseignement coopératif 2017-2018 de la CCSN sont récompensés pour avoir terminé avec succès leur stage de 15 mois. À la fin de chaque stage, les étudiants présentent une vue d'ensemble de leur travail afin de développer leurs compétences en matière de présentation. Après la dernière période de travail et leur dernière présentation, chaque étudiant reçoit une plaque en reconnaissance de son travail acharné et de son dévouement envers son stage à la CCSN.

De l'étudiant stagiaire de la CCSN au nouvel employé diplômé

Matthew Naraine, un ancien étudiant du programme d'enseignement coopératif de la CCSN, a obtenu son diplôme de premier cycle et est retourné à la CCSN pour poursuivre sa carrière dans le cadre du programme de transition des étudiants. Au cours de son mandat au programme co-op de la CCSN, M. Naraine a assisté à la 25^e Conférence internationale sur le génie nucléaire (ICONE). ICONE est une conférence mondiale sur les technologies des réacteurs nucléaires qui explore les problèmes techniques et les solutions aux défis auxquels l'industrie est confrontée. Le programme étudiant ICONE favorise le perfectionnement des futurs professionnels du nucléaire. Le document de recherche de Naraine sur la gestion du cycle de vie des générateurs de vapeur et son affiche lui ont valu le prix de la meilleure affiche d'ICONE25 Sanqiang dans le cadre du concours étudiant. Grâce à ses rotations à la CCSN et aux possibilités de recherche qu'il a eues avec Jovica Riznic, M. Naraine a acquis les compétences nécessaires pour se préparer à sa carrière d'agent de projet à la Division de l'autorisation des nouvelles installations majeures de la CCSN.



Matthew Naraine avec son affiche sur sa recherche sur les générateurs de vapeur qui a remporté la première place à la 25^e conférence ICONE.

Recherches futures à la CCSN

La recherche liée à la réglementation joue un rôle important en fournissant de l'information et en améliorant les connaissances du personnel de la CCSN afin qu'il puisse mieux appuyer la CCSN dans sa mission de réglementation.

Au cours des prochaines années, la CCSN continuera d'appuyer les projets qui visent à atteindre ses objectifs de recherche et à renforcer son cadre de réglementation.

Mais à quoi ressembleront les domaines d'intérêt? Ils seront variés et incluront :

- la gestion du vieillissement des installations des réacteurs afin d'assurer l'exploitation sûre et continue des centrales nucléaires
- la gestion des déchets pour se préparer à d'éventuels dépôts de déchets
- les nouvelles technologies, telles que les [petits réacteurs modulaires](#), pour se préparer aux défis réglementaires futurs, encore inconnus à ce jour

Le programme de recherche de la CCSN continuera d'évoluer afin que le personnel de la CCSN ait accès aux données scientifiques les plus récentes pour compléter ses capacités d'évaluation.

La collaboration avec les intervenants au pays et à l'étranger pour échanger de l'information et des pratiques exemplaires continuera de faire partie intégrante du programme de recherche de la CCSN. La collaboration avec des organisations comme l'AIEA, l'UNENE, Énergie atomique du Canada limitée et le Plan de travail fédéral sur les activités de science et technologie nucléaires contribuera grandement à faire en sorte que l'industrie nucléaire mondiale maintienne les pratiques les plus sûres.

Enfin, la CCSN continuera de publier ce rapport annuel afin de vulgariser l'information sur ses initiatives de recherche et sa participation dans le domaine nucléaire, dans le cadre de son mandat de diffusion de renseignements scientifiques, techniques et réglementaires objectifs auprès du public.

Glossaire

colloïde — Mélange à deux phases dans lequel une substance est dispersée dans une autre.

comportement inhérent — Type de conception de la sûreté qui évite un danger plutôt que d'avoir un système en place pour contrôler le danger.

comportement passif — Principe de conception de sûreté qui entre en jeu sans intervention extérieure. Ce comportement est une réaction automatique visant à contrer un danger lorsqu'il est présent.

durée de vie utile — Période allant de la mise en service à la mise hors service finale d'une structure, d'un système ou d'un composant.

essai monotone — Essai destiné à déterminer les propriétés mécaniques d'un milieu, par exemple, les essais de traction et de compression.

fluage — Dans le domaine de la science des matériaux, phénomène de déformation de solides sous contrainte. Le fluage est un processus qui modifie progressivement les caractéristiques d'une structure et agit comme un mécanisme de vieillissement.

horizons de bentonite — Horizons, d'un point de vue géologique, qui décrivent une surface qui marque un changement dans la séquence rocheuse.

lixiviat — Liquide qui a dissous des parties du milieu environnant lorsqu'il le traverse.

lumière Cerenkov — Rayonnement électromagnétique émis lorsqu'une particule chargée traverse un milieu diélectrique à une vitesse supérieure à la vitesse de phase de la lumière dans le milieu.

non-prolifération — Utilisation de la technologie nucléaire à des fins pacifiques.

organisations de la société civile — Organisations ou associations non gouvernementales au sein desquelles les gens ont la possibilité de poursuivre des intérêts communs; par exemple, les organisations communautaires, les groupes environnementaux, les instituts de recherche indépendants et les groupes d'intérêt.

Paléozoïque — Période de l'histoire de la Terre qui va de 252 millions à 359 millions d'années.

perméabilité — Capacité d'un matériau poreux à laisser passer les fluides.

petit réacteur modulaire — Selon la définition de l'AIEA, réacteur avancé qui produit jusqu'à 300 MWé par module. Les réacteurs classiques produisent une puissance de 700 à 1650 MWé. (Le MWé ou mégawatt électrique est une mesure de la puissance électrique produite par un réacteur).

Précambrien — Période de l'histoire de la Terre qui va de 541 millions à 4,6 milliards d'années.

roche argileuse — Type de roche sédimentaire.

smectite — Argile qui a la capacité de gonfler au contact de l'eau.

strie glaciaire — Sillon creusé dans le substratum rocheux à la suite de mouvements glaciaires.

système à barrières multiples — Série d'obstacles naturels et artificiels indépendants qui fonctionnent ensemble comme un système. Le fait d'avoir plusieurs barrières plutôt qu'une seule augmente la sûreté du système.

triaxial — Possédant ou comportant trois axes.

Annexe : Documents techniques, présentations et articles de la CCSN

La CCSN est bien reconnue par ses pairs grâce à des articles publiés dans des revues scientifiques ainsi qu'à des présentations faites lors de conférences, d'ateliers et de réunions de l'AEN et de l'AIEA.

Voici une liste des documents techniques, des présentations et des articles publiés ou présentés par le personnel de la CCSN au cours de l'exercice 2017-2018.

Sujet	Type	Événement/publication	Date	Éditeur ou lieu de présentation	Auteurs
Le modèle de l'isotope pseudo-résonnant de prédiction de l'effet de résonnance-interférence dans les calculs d'auto-blindage	Résumé d'un article / présentation technique	Conférence internationale sur les mathématiques et les méthodes de calcul appliquées aux sciences et au génie nucléaires	Du 16 au 20 avril 2017	Jeju, République de Corée	Wei Shen
Validation des codes informatiques pour la thermohydraulique utilisés dans l'analyse de sûreté : Perspective réglementaire	Résumé d'un article / présentation technique	Symposium sur la vérification et la validation (VV) de l'OCDE	Du 3 au 5 mai 2017	Las Vegas, Nevada	J. E. Kowalski
Recherche en réglementation de la CCSN sur l'évacuation dans des formations géologiques	Résumé d'une présentation technique	Téléconférence d'échange d'information CCSN-EA	9 mai 2017	Ottawa/R.-U. (téléconférence)	T. S. Nguyen
Évaluation de l'effet du modèle avancé à flux de dérive du ASSERT-PV sur les distributions du taux de vide, de l'écoulement et du FTC	Résumé d'un article d'une revue technique évaluée par des pairs	<i>Annals of Nuclear Energy</i>	Juin 2017	Elsevier	N. Hammouda, Y. F Rao
Application de la méthode de Bayes pour évaluer le seuil de déclenchement de protection contre la surpuissance locale (PSL)/protection contre la surpuissance neutronique (PSN)	Résumé d'un article dans une revue technique évaluée par des pairs	37 ^e Conférence annuelle de la Société nucléaire canadienne	Juin 2017	Niagara Falls, Ontario	Dumitru Serghiuta

Sujet	Type	Événement/publication	Date	Éditeur ou lieu de présentation	Auteurs
Cadre intégré de propagation des sources d'incertitude dans les sections efficaces des noyaux en présence de simulations des paramètres physiques du réacteur CANDU à l'état stable et transitoire	Résumé d'un document technique	37 ^e Conférence annuelle de la Société nucléaire canadienne	Juin 2017	Niagara Falls, Ontario	Dumitru Serghiuta
Réacteurs CANDU : Exploitation à long terme et remise à neuf – Perspective de la CCSN	Résumé d'un article / présentation technique	37 ^e Conférence annuelle de la Société nucléaire canadienne et 41 ^e Conférence annuelle des étudiants SNC/CNA	Du 4 au 7 juin 2017	Hôtel Sheraton on the Falls, Niagara Falls, Ontario	M. Santini, A. Omar
Tenir compte des leçons tirées de la conception de l'IC numérique dans les exigences en matière de conception neutres sur le plan technologique	Résumé d'un document technique	Conférence internationale sur les questions d'actualité relatives à la sûreté des installations nucléaires : Démonstration de sûreté des centrales nucléaires perfectionnées refroidies à l'eau	Du 6 au 9 juin 2017	Vienne, Autriche	Zhao Chang Zeng, Guna Renganathan, Marcel de Vos, Jean-Yves Fiset, Jason Churchill, Gilbert Chun
Rendement de la bentonite MX-80 comme matériau de scellement dans un milieu hypersalin	Présentation orale	Séminaire géoscientifique de la Société de gestion des déchets nucléaires	7 et 8 juin 2017	Toronto, Ontario	G. Su
Améliorer les estimations de la charge de travail pour les activités de validation associées aux scénarios d'accident de dimensionnement et d'accident hors dimensionnement	Présentation orale d'un document de conférence	10 ^e Réunion thématique internationale sur l'instrumentation, la commande et les technologies d'interface homme-machine des centrales nucléaires	Du 11 au 15 juin 2017	San Francisco, Californie	Aaron Derouin et Alice Salway
État d'avancement de la recherche de la CCSN sur la réglementation des dépôts géologiques	Présentation orale	Réunion technique de l'URF de l'AIEA sur les progrès mondiaux dans le développement de solutions de stockage en couches géologiques	Du 19 au 23 juin 2017	Turku, Finlande	Grant Su
Au-delà de la méthode Kersey modifiée	Résumé d'une présentation technique	Réunion scientifique annuelle de l'Organisation canadienne des physiciens médicaux	13 juillet 2017	Ottawa	Adam Dodd et Kevin Shimotakahara

Sujet	Type	Événement/publication	Date	Éditeur ou lieu de présentation	Auteurs
Une vision systémique des facteurs humains : Relier les domaines à l'aide d'un programme de performance humaine	Résumé d'une présentation technique	Conférence sur les facteurs humains appliqués et l'ergonomie	Du 17 au 21 juillet 2017	Los Angeles, Californie	Alice Salway
Le technétium 99m : Des réacteurs aux accélérateurs – Aspects concernant la réglementation et la sûreté	Résumé d'une présentation technique	Réunion thématique internationale sur les applications nucléaires des accélérateurs	2 août 2017	Ville de Québec	Abdul Alwani
Rôle de l'hydrogène tritié dans la formation d'eau tritiée et de TLCO dans le sol et la végétation à proximité d'une installation de traitement du tritium	Résumé d'un article / présentation technique	4 ^e Conférence internationale sur la radioécologie et la radioactivité dans l'environnement (ICRER 2017)	Du 3 au 8 septembre 2017	Berlin, Allemagne	M. Ilin, M. Rinker
Analyse de la mortalité dans des cohortes rassemblées de travailleurs canadiens et allemands du secteur du traitement de l'uranium, sans expérience minière antérieure	Article de revue révisé par des pairs	<i>International Archives of Occupational and Environmental Health</i>	22 septembre 2017	Springer	Lydia B. Zablotska, Nora Fenske, Maria Schnelzer, Sergey Zhivin, Dominique Laurier, Michaela Kreuzer
Effets de la saumure sur la pression de gonflement de la bentonite MX-80 et du mélange de bentonite et de sable	Résumé d'une présentation technique	<i>Clay Conference 2017 – 7th International Conference on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement</i>	Du 24 au 27 septembre 2017	Davos, Suisse	G. Su, T.S. Nguyen, K. Lange, J. Brown, Z. Li
Quantification de la capacité d'assurance élevé de la faible probabilité de défaillance de la centrale dans le cadre de l'EMS fondée sur l'EPS	Résumé d'un document technique	Réunion thématique internationale sur l'étude et l'analyse probabilistes de sûreté	Du 24 au 28 septembre 2017	Pittsburgh, Pennsylvanie	Zhaoliang Wang, Smain Yalaoui, Yolande Akl

Sujet	Type	Événement/publication	Date	Éditeur ou lieu de présentation	Auteurs
Projet d'EPS de site du GTER : Rapport de situation et constatations préliminaires concernant le domaine d'intérêt du regroupement des risques	Résumé d'un document technique	Réunion thématique internationale sur l'étude et l'analyse probabilistes de sûreté	Du 24 au 28 septembre 2017	Pittsburgh, Pennsylvanie	Smain Yalaoui, Yolande Akl, Marina Röwekamp (GRS)
Exigences relatives aux programmes de qualification environnementale pour l'exploitation à long terme des centrales nucléaires canadiennes	Résumé d'un article / présentation technique	<i>Fourth International Conference on NPP Life Management</i>	Du 23 au 27 octobre 2017	Lyon, France	Meliha Vlatkovic
Rôle du transfert de tritium du sol aux feuilles dans la régulation de la dynamique du tritium dans les feuilles : Comparaison des résultats d'un jardin expérimental et de modèles de transfert du tritium	Article de revue révisé par des pairs	<i>Journal of Environmental Radioactivity</i>	Novembre 2017	Elsevier	Masakazu Ota, Nana-Owusua A. Kwamena, Steve Mihok, Volodymyr Korolevych
Comportement hydromécanique du calcaire de Cobourg	Article de revue révisé par des pairs	<i>International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences</i>	Février 2018	Elsevier	M. H. B. Nasser, R. P. Young, X. Su, T. S. Nguyen, Z. Li
Approche canadienne de la défense en profondeur, des conditions additionnelles de dimensionnement et de la gestion des accidents graves	Résumé d'une présentation technique	Réunion technique sur les approches actuelles des États membres concernant l'analyse des conditions d'extension de la conception visant les nouvelles centrales nucléaires - AIEA	Du 19 au 23 mars 2018	Vienne, Autriche	Noredidine Mesmous