

# Le Colloque Canada-Royaume-Uni 2020 sur l'énergie nucléaire

Rapport par Ivan Semeniuk

## INTRODUCTION

Ce rapport est un condensé de présentations d'experts, de discussions de groupe et de séances en petits groupes centrées sur le thème de l'énergie nucléaire et de son rôle dans un monde faisant face aux changements climatiques. Au cours de deux journées intensives de dialogue en ligne, les progrès récents et les défis auxquels font face l'industrie nucléaire ont été passés en revue, avec la contribution additionnelle de divers points de vue offerts dans les différentes salles de clavardage. Dans le cadre du colloque, les expériences du Canada et du Royaume-Uni en ce qui a trait au secteur nucléaire ont été comparées et les participants ont proposé, lorsque cela était possible, des recommandations politiques, des solutions et des possibilités de collaboration.

Bien que le colloque eut été divisé en sessions distinctes, un certain nombre de sujets ont été abordés dans plusieurs sessions. Le contenu de ce document reflète ces discussions et inclut les recommandations spécifiques qui ont émises dans le cadre des diverses sessions.

En plus de ces thèmes, un message en particulier a été répété dans chaque session et conversation parallèle : la crise climatique a pour effet de changer fondamentalement le débat entourant l'énergie nucléaire. Le moment est venu pour les décideurs politiques d'entreprendre un dialogue public sérieux avec les consommateurs et les parties prenantes au sujet de la contribution que l'énergie nucléaire peut apporter afin de freiner la crise environnementale internationale. Le présent rapport porte sur la manière dont ce dialogue peut se dérouler afin de maximiser les bénéfices pour les citoyens des deux pays et du monde entier.

## 1. L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE EN TRANSITION : UN APERÇU DE LA SITUATION AU CANADA ET AU ROYAUME-UNI

Le Canada et le Royaume-Uni sont toutes deux des puissances nucléaires de premier niveau, possédant toute la gamme de capacités, incluant la production de combustible, des centrales électriques fonctionnant à l'échelle commerciale, des chaînes d'approvisionnement bien établies, des opérations de gestion des déchets, une main-d'œuvre qualifiée, ainsi qu'un environnement propice à la recherche et au développement scientifiques de pointe. Au Canada, 19 réacteurs répartis sur quatre sites fournissent environ 13,5 GWe, soit 15 % des besoins totaux du pays en électricité.

Le Canada est également le deuxième producteur et le quatrième exportateur mondial d'uranium. Le Royaume-Uni, où se trouve la première centrale nucléaire au monde, compte actuellement 15 réacteurs répartis sur sept sites, représentant environ 19 % de la production d'électricité, soit 10 GWe.

Après sa croissance initiale dans les années 1950 et 1960, l'industrie des deux pays s'est mise à stagner à partir de la fin des années 1990. Cette période fut marquée par le vieillissement des infrastructures, la fermeture de réacteurs ainsi que l'ambivalence croissante du public quant à l'avenir de l'énergie nucléaire.

On observe dans les dernières années des signes d'un nouvel élan. En 2016, l'Ontario a entamé une remise à neuf approfondie de 10 réacteurs, l'un des plus importants projets d'infrastructure de l'histoire du Canada. À la fin de 2018, au Royaume-Uni, la construction de la centrale électrique Hinkley Point C dans le Somerset a débuté et la production d'électricité doit commencer en 2025. Il s'agit de la première nouvelle construction pour l'industrie nucléaire au Royaume-Uni depuis un quart de siècle. On prévoit également une autre nouvelle centrale sur le site de Sizewell dans le Suffolk.

Parallèlement à cette évolution, les décideurs politiques ont été incités à prendre en considération le rôle de l'énergie nucléaire en raison de la nécessité de renoncer aux combustibles fossiles afin d'atteindre leurs objectifs ambitieux en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Le Canada et le Royaume-Uni se sont tous deux engagés à atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici 2050. Les participants au colloque ont estimé que sans un apport accru de l'énergie nucléaire, cet objectif serait plus coûteux et difficile à atteindre.

Dans ce contexte, l'arrivée des petits réacteurs modulaires (PRM) ainsi que d'autres technologies émergentes ouvre la porte à de nouvelles applications et une diversification de l'industrie nucléaire, au-delà des réacteurs traditionnels produisant de l'électricité à grande échelle. Au Canada, où environ 20 % du réseau électrique du Canada est directement lié aux combustibles fossiles – la deuxième source la plus importante après l'hydroélectricité – cela veut dire qu'il serait possible de déployer des PRM dans les régions du pays qui dépendent actuellement du charbon et du gaz pour leur production d'électricité. Afin de mettre en évidence le potentiel de ces PRM, Ontario Power Generation a récemment annoncé la reprise de son projet visant à exploiter un tel réacteur sur son site de Darlington, à l'est de Toronto. De manière globale, le déploiement des PRM pourrait transformer les collectivités hors réseau, en aidant à décarboniser l'extraction des ressources ou en apportant une énergie sans émissions aux communautés isolées du Nord. En revanche, le réseau électrique du Royaume-Uni dépend à environ 50 % du carbone. Dans ce contexte, les PRM pourraient offrir une solution attrayante et rentable pour développer l'infrastructure nucléaire avec une empreinte écologique moins importante que celle des centrales électriques conventionnelles. Au-delà de la production d'électricité, en exploitant la chaleur pour produire de l'hydrogène à faible teneur en carbone, les PRM offrent une autre alternative pour une énergie propre lorsque les besoins en électricité sont faibles. De plus, la perspective d'emplois verts liés à une industrie nucléaire revitalisée et diversifiée est un argument de vente important pour obtenir l'appui du public. Toutefois, si l'on veut que l'industrie connaisse une véritable « renaissance nucléaire », un certain nombre de défis – certains techniques, d'autres financiers ou politiques – restent à surmonter.

En raison des préoccupations liées à la sécurité, à l'élimination des déchets nucléaires, à la prolifération nucléaire et à la réputation de l'industrie en matière de dépassement des coûts, l'attitude du public à l'égard de l'énergie nucléaire demeure un obstacle important. Au fil des ans, ces préoccupations ont contribué à réduire le soutien du gouvernement à l'énergie nucléaire et ont créé un environnement peu propice à l'adoption de politiques touchant la question. De plus, la stagnation en terme de politiques a affaibli l'industrie dans les deux pays par rapport aux concurrents internationaux, tout en affectant ses chaînes d'approvisionnement et sa main-d'œuvre. Résultat, alors que l'industrie cherche à se positionner comme acteur central dans l'effort collectif visant à lutter contre les changements climatiques, elle doit également rattraper le retard qu'elle a pris dans le marché mondial.

L'avenir de l'industrie dépend en grande partie de la place qu'elle occupera dans le débat public sur l'énergie propre. À cet égard, la décision d'inclure l'énergie nucléaire dans les discussions du principal forum mondial pour la promotion des technologies énergétiques propres (la Conférence ministérielle sur l'énergie propre) est encourageante. La conférence de 2019, organisée par le Canada, a donné lieu à la parution d'un rapport de l'Agence internationale de l'énergie au sujet du rôle de l'énergie nucléaire, la première analyse portant sur l'industrie produit par l'agence depuis des années. En septembre 2020, une autre initiative ministérielle, menée conjointement par les États-Unis, le Canada, le Japon et le Royaume-Uni, a produit un nouveau rapport sur le rôle de l'énergie nucléaire dans les systèmes d'énergie propre.

En mars 2020, le Canada et le Royaume-Uni ont conclu un plan d'action pour la coopération nucléaire, établissant ainsi un cadre visant à permettre la collaboration dans des domaines d'intérêt commun, dans le but de faire une plus grande place à l'énergie nucléaire dans la lutte contre les changements climatiques. Le plan met l'accent entre autres sur le développement et le déploiement des PRM avec des objectifs spécifiques liés à la réduction des déchets, à la chaîne d'approvisionnement en combustible, à la collaboration en matière de réglementation, à la production de technologies de fine pointe et au financement. En conjonction avec le plan d'action, un accord bilatéral entre les laboratoires nationaux jette les bases de projets de recherche conjoints dans le domaine de la sécurité du combustible des réacteurs avancés, de la production d'isotopes médicaux et de la réparation des dommages causés à l'environnement. Les organismes de réglementation et les associations de l'industrie nucléaire du Canada et du Royaume-Uni ont également entamé des efforts de coopération avec leurs homologues. Ensemble, ces activités conjointes peuvent contribuer à rehausser le profil du secteur nucléaire et à mieux faire comprendre au public l'industrie et son importance pour le mouvement vers les énergies propres.

Voici quelques-unes des idées et des orientations qui, selon les participants au colloque, permettront de faire avancer l'agenda nucléaire.

## RECOMMANDATIONS :

1.1) Les gouvernements devraient travailler en étroite collaboration avec leurs industries respectives afin de mieux utiliser l'énergie nucléaire pour répondre aux objectifs climatiques tout en améliorant la compétitivité économique de ces industries.

1.2) Les décideurs politiques devraient envisager différents moyens d'utiliser une taxe carbone pour investir dans le développement des technologies et des projets nucléaires, dans le but de fournir une source de financement stable et de lier plus étroitement l'énergie nucléaire à l'objectif de zéro émission nette.

1.3) L'industrie devrait développer des modèles de cogénération qui peuvent être utilisés aux côtés des énergies renouvelables intermittentes telles que l'éolien et le solaire, afin que la chaleur produite par les réacteurs de la prochaine génération puisse être utilisée à d'autres fins (par exemple, la production d'hydrogène) lorsque les énergies renouvelables sont les plus actives.

1.4) Sous l'impulsion des gouvernements, toutes les parties prenantes devraient s'engager à élaborer des plans énergétiques nationaux qui intègrent les énergies renouvelables nucléaires et non nucléaires.

1.5) Toutes les parties prenantes doivent faire preuve d'initiative afin de promouvoir l'équité et la diversité de la main-d'œuvre dans l'industrie nucléaire et d'encourager le recrutement et la rétention des femmes, alors qu'évolue le rôle de l'énergie nucléaire dans l'atteinte des objectifs climatiques nationaux et internationaux.

## 2. REPENSER LE NUCLÉAIRE : LES PETITS RÉACTEURS MODULAIRES ET AU-DELÀ

À moins d'avancées significatives dans la technologie nucléaire, nous pouvons penser que les réacteurs à fission conventionnels demeureront essentiels pour faciliter la transition mondiale vers les énergies à faible teneur en carbone. Néanmoins, nous avons été témoins dans les 20 dernières années d'importantes innovations et de l'émergence de nombreux nouveaux concepts de réacteurs. Ces innovations, incluant les PRM et d'autres technologies avancées de réacteurs, laissent entrevoir un rôle plus important pour l'énergie nucléaire.

Par rapport aux réacteurs classiques qui sont construits sur place, la petite taille des PRM permet de les construire en usine et de les transporter là où ils sont nécessaires. Différents types de conceptions sont actuellement à l'étude, incluant des unités qui pourraient produire des dizaines ou des centaines de mégawatts d'électricité. Des modèles à l'étude seraient dotés de dispositifs de sécurité passive qui améliorent l'enceinte de confinement et réduisent les risques. Une autre différence importante par rapport aux réacteurs conventionnels est que la taille de la zone de planification d'urgence d'un PRM est suffisamment petite pour être limitée au site de la centrale électrique. Certains modèles de PRM peuvent également recycler le combustible utilisé des réacteurs à fission conventionnels, produisant ainsi des déchets moins radioactifs et dont la demi-vie est réduite.

Comme l'ont démontré les discussions lors du colloque, les grands réacteurs dont la production se calcule en gigawatts resteront importants, au moins à court terme, afin de fournir une énergie indépendante des combustibles fossiles. Toutefois, les PRM peuvent tirer profit des économies d'échelle pour fournir un flux d'énergie moins coûteux et plus flexible pouvant non seulement s'ajouter au nucléaire en réseau mais aussi offrir de nouvelles options à l'extérieur des réseaux électriques existants.

Le programme britannique « Low-Cost Nuclear Challenge », lancé par le gouvernement pour développer un PRM dans le pays, est actuellement en cours en collaboration avec un consortium industriel mené par Rolls Royce, le co-investisseur principal. En parallèle avec ce programme, on cherche à développer un marché commercial et à adopter des politiques pour le soutenir. L'investissement public est en partie justifié par la possibilité de développer une chaîne d'approvisionnement dispersée sur le territoire et créer des emplois liés aux PRM.

Au Canada, des progrès ont été réalisés en matière de PRM tant aux niveaux fédéral que provincial, avec notamment le lancement d'un plan d'action canadien pendant la période de préparation du présent rapport. Le Nouveau-Brunswick, l'Ontario et la Saskatchewan ont signé un protocole d'entente afin de collaborer sur les PRM. L'Alberta a également fait part de son intention d'y adhérer. Il est important de noter que ces deux dernières provinces n'ont actuellement pas de centrales nucléaires conventionnelles. Parmi les autres développements observés, notons le lancement d'un groupe de recherche sur le nucléaire au Nouveau-Brunswick pour stimuler l'innovation en matière de PRM, de même que des protocoles d'entente entre Énergie Nouveau-Brunswick et deux fournisseurs de PRM. En plus de son projet d'exploiter un PRM à Darlington, Ontario Power Generation (OPG) a conclu un accord avec les Laboratoires nucléaires canadiens pour construire un PRM hors réseau à titre de projet de démonstration commerciale. Les entreprises du secteur minier au Canada sont des

clients potentiels des PRM hors réseau, qui pourraient constituer une alternative au diesel. Les PRM pourraient aussi être utilisés pour le chauffage direct, la production d'hydrogène, le dessalement et la production de combustibles synthétiques, entre autres procédés. OPG travaille également sur un projet de réseau énergétique, bien qu'un modèle n'ait pas encore été sélectionné. La réussite de ces projets dépendra non seulement des capacités techniques des PRM mais aussi de leur viabilité commerciale, qui dépend à son tour de la prévisibilité des calendriers de construction et des budgets, de la facilité d'exploitation et de la simplicité du processus d'obtention des permis.

Les PRM nécessitent de nouveaux combustibles et des chaînes d'approvisionnement, deux domaines de collaboration potentielle identifiés par les participants au colloque et par le plan d'action pour la coopération nucléaire entre le Canada et le Royaume-Uni. En outre, en octobre 2020, les organismes de réglementation nucléaire des deux pays, la Commission canadienne de sûreté nucléaire et l'Office of Nuclear Regulation du Royaume-Uni, ont signé un protocole de coopération qui fournit un cadre pour le partage des informations, de l'expertise et des meilleures pratiques afin de soutenir des examens techniques plus efficaces des petits réacteurs modulaires et des technologies nucléaires avancées.

Il est également essentiel de collaborer dans le domaine de la recherche et de l'éducation afin de développer et de motiver une main-d'œuvre diversifiée et flexible qui puisse faire passer les PRM de la planche à dessin à la réalité, tant sur le plan opérationnel que commercial. Un environnement de R&D bien soutenu par les gouvernements et favorisant tant les liens entre les programmes universitaires des deux pays que ceux entre les universités et l'industrie permettrait également d'accélérer le développement de technologies associées au PRM. Celles-ci incluent notamment les microréacteurs hors réseau transportables qui produisent entre 1 et 20 mégawatts d'électricité et les installations de production d'hydrogène.

En ce qui concerne la R&D, il serait bénéfique pour le Royaume-Uni et le Canada de développer une sorte de « plate-forme technologique » qui permettrait de mener conjointement des projets de recherches et de développement, quel que soit le type de réacteur concerné. Par exemple, dans le cas des réacteurs à gaz à très haute température - des réacteurs qui utilisent de l'hélium comme fluide de refroidissement et sont particulièrement bien adaptés à la production de chaleur - un programme conjoint de R&D pourrait aborder des questions telles que l'irradiation du combustible Triso et l'évaluation des performances, ainsi que le couplage de ces réacteurs à des centrales de production d'hydrogène. L'adoption d'une telle approche à la recherche comporterait plusieurs avantages, dont une meilleure compréhension des questions réglementaires soulevées par les différences entre les réacteurs avancés de ce type et les systèmes conventionnels.

Des programmes de recherche générique qui seraient indépendants de technologies nucléaires spécifiques favoriseraient également la création d'un bassin de compétences et de capacités. Le Royaume-Uni et le Canada pourraient travailler ensemble à bâtir ce bassin, en partageant des essais expérimentaux et les résultats de recherches. Cette collaboration permettrait un déploiement plus efficace des ressources et aiderait les deux pays à tirer davantage de bénéfices de leurs investissements dans la recherche.

Déjà, les PRM et d'autres systèmes avancés ont permis d'envisager une industrie nucléaire plus durable, plus efficace, plus rentable et mieux à même d'atteindre l'objectif de zéro émission. Les participants au colloque ont souligné la nécessité pour les gouvernements de mettre de l'avant des orientations claires en matière de nucléaire, ce qui démontrera aux partenaires industriels et aux investisseurs leur volonté non seulement de repenser l'énergie nucléaire, mais aussi de la concevoir différemment pour une nouvelle ère.

## RECOMMANDATIONS :

2.1) Les gouvernements devraient donner la priorité au développement des PRM en tant qu'élément clé de leur plans énergétiques, fournir un cadre légal soutenant l'industrie et travailler avec les partenaires industriels pour identifier les technologies qui seront prêtes à être commercialisées d'ici la fin de cette décennie.

2.2) L'industrie et les gouvernements devraient commencer à promouvoir des initiatives conjointes autour des PRM et d'autres technologies qui ont le plus de chances de réussir sur le plan commercial, en s'appuyant sur des critères établis ensemble concernant le coût, la simplicité, la gestion des déchets et l'appui du public.

2.3) Le Canada et le Royaume-Uni devraient mettre en place des installations de qualification des équipements avec des normes communes afin de mieux concurrencer les fournisseurs extérieurs.

2.4) Le Canada et le Royaume-Uni devraient envisager la mise en place d'une « plateforme technologique » commune pour la R&D dans le domaine de la recherche nucléaire générique. Les orientations de cette recherche ne seraient pas nécessairement liées aux types de réacteurs utilisés dans les deux pays.

2.5) Le Canada et le Royaume-Uni devraient collaborer dans le cadre d'au moins un grand projet de réacteur avancé, par exemple dans le domaine des réacteurs à gaz à haute température, de la cogénération et/ou de la production d'hydrogène. Ce projet pourrait aboutir à une centrale de démonstration pour évaluer les mesures de rendement et pour contribuer au développement d'une expertise technique axée sur la mission des changements climatiques.

2.6) Le Canada et le Royaume-Uni devraient collaborer à la conception de combustibles pour les PRM et à un plan intégré de recyclage de déchets nucléaires par les PRM.

2.7) L'industrie devrait développer et promouvoir la modularisation dans l'ensemble des installations entourant les PRM afin de réduire les coûts initiaux et de raccourcir le temps nécessaire à la production d'électricité.

2.8) Les industries impliquées dans les nouvelles technologies nucléaires devraient identifier les objectifs et les défis communs pour lesquels une collaboration pourrait mener à des solutions qui réduisent les risques et les coûts pour toutes les parties prenantes.

2.9) Les centrales de démonstration de réacteurs avancés devraient être conçues de manière à ce que les fournisseurs d'applications de sources de réchauffement puissent y présenter des technologies parallèles qui exploitent le potentiel des PRM.

2.10) Les institutions de recherche et d'enseignement des deux pays devraient travailler ensemble et collaborer avec l'industrie pour élaborer des programmes conjoints qui sont pertinents pour les PRM

### 3. LE SOUTIEN AU NUCLÉAIRE: FINANCEMENT ET RÉGLEMENTATION

Par rapport à d'autres formes de production d'énergie à faible teneur en carbone, les projets nucléaires sont plus susceptibles de faire l'objet de modalités de financement défavorables en raison des perceptions de risque plus élevées. Les capitaux empruntés sont soumis à des taux d'intérêt plus élevés, ce qui se traduit en fin de compte par une augmentation du prix de l'énergie, nuisant ainsi aux consommateurs et à la compétitivité de l'industrie. Cet obstacle est particulièrement évident au Royaume-Uni, où le secteur de l'énergie a été déréglementé. Dans le cadre d'une étude du projet Hinkley Point C, le National Audit Office du Royaume-Uni a démontré à quel point le prix de l'énergie était sensible aux modalités de financement. Dans le contexte d'une politique énergétique nationale, il est donc essentiel de trouver des solutions de financement créatives afin de pouvoir mettre à contribution le nucléaire dans l'atteinte des objectifs environnementaux.

En septembre 2020, les problèmes liés aux modèles de financement ont été mis en évidence par le retrait de la société japonaise Hitachi Ltd. d'un projet de centrale nucléaire à Wylfa Newydd au Pays de Galles. Malgré un investissement important de l'entreprise et les efforts du gouvernement pour soutenir le projet, les défis liés au financement ont finalement été insurmontables.

La situation du Royaume-Uni montre les limites d'un modèle où l'investissement et le risque sont principalement pris en charge par les fournisseurs eux-mêmes. Dans cet environnement, peu d'entreprises peuvent se permettre un tel investissement. Il est également difficile pour les gouvernements d'investir dans le nucléaire, en particulier à la lumière de la pandémie COVID-19 qui a déjà eu des effets négatifs importants sur les dépenses publiques. Une troisième voie, qui gagne en popularité au Royaume-Uni, est un modèle de financement dans le cadre duquel l'industrie se tourne vers les investisseurs institutionnels pour obtenir des capitaux, mais avec un risque partagé.

Avant le retrait de Hitachi du projet de Wylfa Newydd, le gouvernement britannique avait entrepris une consultation publique sur le modèle RAB (Regulated Asset Based – actifs assujettis à la réglementation), une approche alternative au financement des projets nucléaires. Dans sa publication des résultats en décembre 2020, le gouvernement a indiqué qu'il continuerait à explorer les options de financement avec les entreprises, y compris le modèle RAB, et qu'il était prêt à envisager un financement gouvernemental pendant la construction. Bien que les contribuables n'apprécient pas de se voir imposer de lourdes factures pour des projets qui dépassent le budget, les participants au colloque ont également examiné la question des coûts pour le public des projets qui sont limités par des modèles de financement inadéquats et la menace que cela représente pour l'atteinte des objectifs climatiques.

Outre les défis liés à l'obtention des capitaux, il sera difficile d'attirer des investissements sans revoir la répartition des risques. Bien que dans l'ensemble, les sociétés d'investissement démontrent généralement un intérêt grandissant pour les projets d'énergie verte, cela n'est généralement pas le cas pour les centrales nucléaires. Ces réserves pourraient cependant se dissiper avec le modèle RAB ou d'autres modèles similaires visant à améliorer le profil de risque des projets nucléaires. Si l'on se fie aux grands projets dans d'autres secteurs, il semble que le modèle idéal soit celui qui permette de partager le risque de manière équitable entre le développeur, l'entrepreneur, l'État, les investisseurs et le consommateur.

Cela sera crucial au Royaume-Uni, où la construction des nouvelles infrastructures énergétiques nécessaires pour atteindre les objectifs climatiques dépend du financement du secteur privé ainsi que du soutien public. Tant au Canada qu'au Royaume-Uni, les investisseurs axés sur le long terme, tels que les compagnies d'assurance et les gestionnaires de fonds de pension, pourraient être intéressés par ces modèles de financement.

Une considération de plus en plus importante pour les investisseurs est l'exigence que les projets répondent à des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG). Il est essentiel que les marchés aient une vision positive de l'énergie nucléaire du point de vue de la réputation et des critères ESG. Le gouvernement peut jouer un rôle en aidant les institutions financières à mener une analyse ESG cohérente et en mettant l'accent sur l'importance de l'énergie nucléaire dans les politiques de lutte contre les changements climatiques. La promotion du nucléaire devrait également aborder les besoins sociaux, l'impact environnemental, la sécurité, les coûts et la gestion des déchets.

Alors que les taux d'intérêt ont atteint les niveaux les plus bas, il pourrait être possible d'obtenir un financement important à long terme à taux fixe pour les nouvelles constructions nucléaires grâce à l'émission publique ou le placement privé « d'obligations vertes nucléaires ». Un meilleur profil ESG pour le nucléaire ainsi qu'un soutien gouvernemental sans équivoque rendrait beaucoup plus probable l'obtention de ce genre de financement. Le fait que l'énergie nucléaire ait été classée troisième dans le plan en dix points pour l'énergie verte du Premier ministre britannique, annoncé en novembre 2020, est un pas positif dans cette direction.

Dans quelques années, il est probable que la modularisation et l'automatisation des PRM permettent de réduire les coûts d'investissement et d'exploitation. Toutefois, les bénéfices liés au PRM ne se concrétiseront probablement pas sans un meilleur cadre réglementaire. Idéalement, une coopération internationale et une harmonisation des réglementations appuieraient un modèle de production dans lequel les PRM seraient regroupés en parcs de réacteurs. À cet égard, il y a place à l'amélioration, et les participants au colloque ont souligné l'importance d'une collaboration approfondie entre le Canada et le Royaume-Uni.

Le coût nécessaire à l'obtention des permis constitue un autre obstacle important au déploiement de PRM, depuis l'examen de la conception jusqu'à la préparation du site, la construction et l'exploitation. Bien qu'il y ait sans contredit un marché potentiel pour l'énergie produite par les PRM, il est peu probable que l'on assiste à une transition vers le nucléaire si les acteurs du marché doivent payer des frais généraux élevés liés à la mise en service d'une nouvelle technologie. Une réflexion est donc nécessaire quant à l'octroi des permis et à la réglementation des nouvelles technologies, ainsi qu'à la fabrication de combustible, qui pourrait être l'élément le plus coûteux d'un système PRM.

Une autre voie à explorer est l'adoption d'un système de permis basé sur les produits et qui serait partagé par plusieurs organismes de réglementation. L'industrie et les gouvernements, y compris leurs organismes de réglementation nucléaire, devraient renforcer la collaboration internationale et permettre l'élaboration d'une réglementation intelligente, permettant notamment l'adoption précoce des technologies innovantes. Il y aurait un certain nombre de défis à relever dans ce domaine, incluant le respect de la souveraineté nationale sur les questions réglementaires et les différences de points de vue entre les pays. Toutefois, des discussions sont en cours et il y a, à tout le moins, un potentiel de convergence sur les questions réglementaires.

#### **RECOMMANDATIONS :**

3.1) Les gouvernements doivent fournir un cadre politique qui permettra d'accroître la confiance de investisseurs dans les projets nucléaires, et doivent faire des investissements publics directs dans les projets de inédits et novateurs; ils doivent également servir d'assureur en dernier recours pour les risques que l'industrie ne peut assumer seule.

3.2) L'industrie doit élaborer des pratiques exemplaires pour réduire le coût des projets et s'assurer que les conceptions sont établies à un stade précoce pour atténuer les risques et minimiser les dépassements de coûts et les délais.

3.3) Les gouvernements devraient travailler avec les institutions financières pour soutenir et faciliter l'élaboration de critères environnementaux, sociaux et de gouvernance cohérents pour les investissements dans les projets nucléaires.

3.4) Les gouvernements devraient veiller à ce que les modèles de financement soient bien adaptés au développement des PRM et des microréacteurs et fournir un soutien aux investissements privés.

3.5) Les gouvernements devraient étudier la possibilité de mettre sur pied des programmes permettant de couvrir les coûts des permis associés aux projets de nouvelles technologies, y compris les PRM.

#### **4. LA GESTION DU CYCLE DE VIE - SÉCURITÉ, SÛRETÉ, DÉCHETS ET DÉMANTÈLEMENT**

L'arrivée des technologies émergentes et des nouveaux modèles de financement ainsi que l'urgence de progresser en matière d'émissions de gaz à effet de serre ont contribué à jeter un nouveau regard sur l'avenir de l'énergie nucléaire. Toutefois, pour réaliser son plein potentiel, l'industrie nucléaire doit démontrer sa capacité à relever une série de défis qui lui sont familiers.

L'un de ces défis, constituant une préoccupation importante au sein du public, est la gestion à long terme des déchets nucléaires, en particulier sous la forme de combustible usé provenant des réacteurs de fission conventionnels, en raison du risque perçu de rejet dans l'environnement et des incertitudes liées au stockage à long terme.

Aidé par la science et guidé par la volonté d'être à l'écoute du public, le Canada a déployé des efforts afin de progresser vers une solution nationale. D'ici 2023, la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) du Canada prévoit d'achever la sélection d'un site pour le stockage à long terme des déchets nucléaires dans un dépôt profond situé dans une formation géologique – l'endroit recommandé pour le stockage des matières radioactives. Une fois le site choisi, les opérations sur le site devraient commencer dans les années 2040. Dans le cadre du processus de sélection, la SGDN a été en dialogue avec les communautés locales sur les sites envisagés, puisqu'elle considère que le soutien des populations autochtones est essentiel à la réussite de sa mission.

Récemment, l'organisation a été chargée par le gouvernement fédéral de mener un dialogue avec les parties prenantes et les Canadiens en vue d'élaborer une stratégie nationale intégrée pour la gestion de l'ensemble des déchets radioactifs du Canada. L'initiative vise à identifier des lacunes dans les plans actuels de gestion des déchets à long terme et à fournir des solutions techniques pour y remédier. Mais bien que cela soit de bon augure pour la question des déchets, tant le gouvernement que l'industrie devront mettre en œuvre des solutions fondées sur des données probantes et s'assurer que le public appuie chaque étape du processus.

La gestion sécuritaire des déchets étant cruciale pour l'avenir de l'industrie, le partage des connaissances entre différents pays est avantageux pour toutes les parties. Le Canada a collaboré de près sur la question de la gestion des déchets avec le Royaume-Uni, qui travaille lui-même actuellement à identifier des sites d'enfouissement. Les participants au colloque ont souligné la nécessité d'une collaboration entre les responsables de la mise en œuvre et de la réglementation, avec comme objectif commun l'harmonisation des normes.

Parallèlement à la question des déchets, le renouvellement progressif de la première génération de réacteurs nucléaires commerciaux a nécessité le développement d'une expertise en matière de démantèlement des centrales. Cela met en évidence la nécessité d'une approche fondée sur l'ensemble du cycle de vie du nucléaire. Par exemple, le contrat de construction de la centrale nucléaire Hinkley C au Royaume-Uni prévoit des dispositions pour la mise en réserve de fonds indépendants du promoteur et du gouvernement afin de garantir que le coût de la gestion des déchets et du déclassement soit intégré au budget, avec des mécanismes de réévaluation périodique des coûts prévus. Au Canada, le gouvernement fédéral, y compris l'organisme de réglementation nucléaire, veille à ce que les producteurs et les propriétaires de déchets radioactifs se conforment aux exigences légales et assument les responsabilités financières liées au coût des déchets et du déclassement, qui doit être intégré dans le prix de l'électricité qu'ils produisent. Par rapport aux autres fournisseurs d'énergie, l'industrie nucléaire se trouve ainsi dans une position unique, car elle est la seule technologie de production d'énergie à grande échelle qui assume l'entière responsabilité de tous ses déchets et en intègre le coût dans le prix du produit.

À plus long terme, les PRM offrent la possibilité d'un changement de paradigme dans le domaine des déchets et du déclassé grâce à la mise au point de modèles de réacteurs qui recyclent le combustible usé. Le principe de modularité permet également une exploitation multigénérationnelle, avec différents éléments conçus pour être remplacés afin de prolonger la durée de vie des installations et de créer une approche plus compartimentée quant au déclassé. Tout cela nécessite cependant une approche globale qui commence par la fabrication du combustible et qui tient compte de l'économie, de l'impact environnemental, de la sûreté, de la sécurité et de la chaîne d'approvisionnement à chaque étape. Cette voie laisse entrevoir de multiples possibilités de collaboration internationale. Elle place également l'industrie nucléaire dans une position unique par rapport aux autres fournisseurs d'énergie, car elle tient compte et intègre le coût des déchets et du démantèlement dans le prix de l'électricité qu'elle produit. Cette approche pourrait mener à une meilleure réception par le public et une confiance accrue de la part des investisseurs privés.

Dans une autre série de discussions, les participants au colloque ont également examiné les questions de sûreté et de sécurité dans un contexte de changements technologiques et politiques.

Par exemple, les récents progrès en matière d'intelligence artificielle ont eu des répercussions importantes dans de nombreuses industries et le secteur de l'énergie nucléaire ne fera probablement pas exception. La prochaine génération de centrales électriques pourrait utiliser des algorithmes d'apprentissage automatique qui peuvent repérer de manière préventive des conditions qui pourraient potentiellement poser des risques de sécurité. Les algorithmes qui font appel au traitement du langage naturel pourraient être appliqués pour accélérer les recherches de documentation à l'appui des analyses de sécurité. Étant donné les exigences en matière de jugement humain, d'imputabilité et de sécurité informatique, l'intelligence artificielle est plus susceptible d'être sollicitée pour seconder l'intelligence humaine que pour le contrôle opérationnel direct. Somme toute, les nouvelles technologies ont le potentiel d'améliorer la sécurité tout en réduisant les coûts.

La non-prolifération est un domaine important qui pourrait faire l'objet d'une coopération accrue entre le Canada et le Royaume-Uni. Depuis plus de 20 ans, le Canada est l'un des principaux pays à faire pression pour la négociation d'un traité sur l'arrêt de la production de matières fissiles. Il a présenté le mandat actuel pour de telles négociations dans les années 1990 et a dirigé deux groupes d'experts gouvernementaux des Nations unies ces dernières années. Durant la même période, le Royaume-Uni a joué un rôle de premier plan dans le domaine de la vérification des futurs accords de contrôle des armes nucléaires et de désarmement. Les travaux effectués par les deux pays dans ces différents domaines devraient être davantage intégrés.

Bien que ni le Canada ni le Royaume-Uni ne sont signataires du traité sur l'interdiction des armes nucléaires qui est entré en vigueur en janvier 2021, les industries nucléaires civiles des deux pays pourraient être affectées à long terme. Par exemple, la pression exercée sur les institutions financières pour qu'elles se désinvestissent des entreprises qui ont des liens avec le secteur militaire de l'industrie nucléaire pourrait avoir des répercussions sur le secteur civil de l'industrie.

Pour l'industrie et les décideurs politiques, il est essentiel de réfléchir à comment maximiser les bénéfices des PRM sans accroître les risques en matière de sécurité qui pourraient survenir lorsque les réacteurs se trouvent dans de nombreux sites, y compris des sites éloignés où travaillent peu de personnes. Les participants au colloque ont souligné la nécessité pour les parties prenantes de faire preuve de transparence, notamment lorsqu'il s'agit de questions de sécurité, dans le cadre du processus de planification des technologies nucléaires de prochaine génération.

Enfin, de nombreux participants ont souligné la nécessité d'avoir une main-d'œuvre compétente, représentative, et capable de relever les défis complexes auxquels l'industrie est confrontée. Actuellement, moins d'un quart des personnes employées dans le secteur nucléaire sont des femmes. L'industrie doit faire mieux si elle veut attirer les personnes les plus compétentes et mieux refléter les communautés qu'elle sert.

### **RECOMMANDATIONS :**

4.1) L'industrie doit élaborer des pratiques exemplaires pour l'utilisation des nouvelles technologies nucléaires, visant à réduire au minimum les déchets et, si possible, à recycler les différents composants.

4.2) Toute proposition d'installation nucléaire ou de démonstration technologique devrait mettre l'accent sur la minimisation de l'empreinte écologique.

4.3) L'industrie et les gouvernements devraient adopter et promouvoir publiquement un modèle holistique pour l'énergie nucléaire qui englobe tous les aspects de la conception, de la construction, de l'exploitation, de la fabrication du combustible, des déchets et du déclassement, afin de réduire l'incertitude du public quant aux coûts et à la sécurité.

4.4) Dans le cadre de cette approche holistique (voir recommandation 4.3), l'industrie nucléaire devrait chercher à exploiter l'intelligence artificielle dans le développement de systèmes dans le but d'améliorer la sécurité et permettre l'adoption rapide de mesures d'atténuation des risques.

4.5) Afin d'améliorer son image auprès du public et d'être plus représentative, l'industrie nucléaire devrait chercher de manière proactive à diversifier sa main-d'œuvre et à accroître les possibilités de promotion des femmes dans les postes de direction ainsi que les postes nécessitant un contact avec le public.

4.6) Le Royaume-Uni et le Canada devraient chercher à intégrer plus étroitement leurs efforts respectifs en matière de non-prolifération, notamment en travaillant en collaboration et avec d'autres pays pour relever les défis de la vérification liés au traité sur l'arrêt de la production de matières fissiles.

## 5. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET L'OPINION PUBLIQUE

Au Canada et au Royaume-Uni, les changements climatiques ont donné un second souffle à l'agenda nucléaire. Stimulés par la nécessité de parvenir à l'objectif de zéro émission nette, les décideurs politiques et les parties prenantes ont repris la conversation portant sur l'énergie nucléaire. L'impact de cette conversation sur le grand public dépendra du discours que les partisans de ce secteur tiendront au sujet du nucléaire.

Depuis au moins deux décennies, le débat sur l'énergie et les changements climatiques a généralement été présenté comme un choix entre deux options : les combustibles fossiles et les énergies renouvelables. L'énergie nucléaire a brillé par son absence dans le débat. Lorsqu'on en parle, on entend souvent qu'elle est trop coûteuse, peu efficace et portant toujours le poids des controverses passées, ce qui l'empêcherait de jouer un rôle important dans le futur bouquet énergétique. Même si la recherche démontre que l'énergie nucléaire peut être utilisée parallèlement aux énergies renouvelables, l'idée doit être mieux présentée à l'extérieur du secteur nucléaire.

Historiquement, l'industrie nucléaire n'a pas aidé sa propre cause à cet égard. Les participants au colloque ont noté que, dans l'industrie nucléaire, le rôle de la gestion des relations publiques et des communications a trop souvent été relégué au personnel technique, tandis que la tâche importante de mettre la marque en valeur a été sous-financée ou négligée. Des sondages révèlent que de nombreuses personnes en savent peu sur l'industrie et que les informations dont elles disposent ne sont pas récentes. Il n'est pas surprenant que l'image publique de l'industrie ait été affectée par la couverture médiatique de défaillances majeures, dont la plus récente est la catastrophe de Fukushima en 2011. Une telle couverture manque souvent de contexte et renforce la perception que l'énergie nucléaire représente une menace constante pour la santé publique et l'environnement. Les campagnes de sensibilisation destinées à apaiser les inquiétudes du public ont peut-être plutôt servi à les alimenter. Au Canada et au Royaume-Uni, certaines personnes ont adopté une attitude négative à l'égard de l'industrie, bien que les sondages au Royaume-Uni suggèrent que l'industrie nucléaire a peut-être surestimé ces préoccupations. Au Canada, les sondages d'opinion permettent de constater des préoccupations continues sur la sécurité, les coûts et le risque de contamination de l'environnement. Toutefois, un sondage réalisé en 2019 par l'Association nucléaire canadienne a indiqué qu'une grande majorité de Canadiens sont ouverts ou favorables aux petits réacteurs modulaires.

L'industrie doit privilégier une approche centrée sur la valeur sociale du nucléaire. Les partisans du nucléaire doivent s'assurer de mieux positionner l'énergie nucléaire afin qu'elle occupe une place dans la vision d'avenir des communautés. L'expérience du Royaume-Uni laisse penser qu'en privilégiant un dialogue public soutenu, avec un accent sur l'acceptabilité sociale, l'industrie peut créer un environnement plus réceptif au développement du nucléaire. Ce genre de dialogue portant sur les nouvelles constructions doit être testé au Canada, mais la Nuclear Water Management Organization offre un modèle de dialogue qui pourrait mener à un engagement public productif. Le défi pour les deux pays est de reproduire les succès régionaux à l'échelle nationale.

Les conseils d'administration des entreprises ont de plus en plus tendance à s'assurer que les pratiques commerciales sont conformes aux objectifs environnementaux, sociaux et de gouvernance, ce qui a des conséquences pour le secteur nucléaire. Les changements climatiques et la durabilité sont des éléments importants de cette évolution, à tel point que la décarbonisation est en train de devenir une condition essentielle pour faire des affaires dans les secteurs public et privé. Les accords commerciaux internationaux semblent évoluer dans le même sens. Cela ouvre la voie à des investissements dans l'énergie nucléaire dans le cadre des efforts pour atteindre les objectifs climatiques nationaux et internationaux.

Cependant, cette évolution peut facilement être rattrapée par les réalités politiques. L'idée selon laquelle l'énergie nucléaire est essentielle pour atteindre les objectifs climatiques, bien que répandue dans l'industrie, n'est pas encore largement acceptée chez le grand public. Ce fossé pourrait s'avérer fatal pour la renaissance du nucléaire. Au Canada, par exemple, le contexte politique actuel incite les partis d'opposition qui cherchent à tirer parti du « vote environnemental » à critiquer le soutien du gouvernement aux initiatives nucléaires tout en présentant ces initiatives comme incompatibles avec une politique verte. Les opposants au nucléaire pourraient transformer les PRM en point de clivage, qualifiant la technologie de fausseté prometteuse, risquée, et nuisant à l'atteinte des objectifs climatiques. Au Royaume-Uni, le débat politique a été assaini par l'amélioration de l'attitude des syndicats et de certains médias à l'égard de l'industrie nucléaire.

En soulignant la faiblesse des coûts des énergies renouvelables, les opposants pourraient également soulever des questions sur l'utilisation des fonds publics pour le développement des technologies et des projets nucléaires. C'est pourquoi les participants au colloque ont noté que les perspectives d'avenir de l'industrie seraient considérablement améliorées si la fabrication en série des PRM permettait de réduire le coût de la production d'électricité à un niveau comparable à celui des énergies renouvelables.

Si l'industrie souhaite que l'énergie nucléaire soit prise en considération de manière équitable et rationnelle, le dialogue devra être perçu comme étant authentique, transparent, fondé sur des données et au service des communautés. Dans le passé, l'accent était mis sur la transmission d'informations factuelles parfois ennuyantes au détriment des aspects plus humains de la question, ce qui a nui à la cause nucléaire et mis en évidence la nécessité d'adopter de nouvelles approches. Les participants ont convenu que pour gagner la confiance du public et obtenir le soutien du gouvernement, l'industrie doit offrir une proposition de valeur forte, avec des avantages pour les communautés, pour l'économie et pour l'environnement, tout en fournissant une solution compétitive en termes de coûts dans toute une série d'applications. Au sujet du risque lié au nucléaire, le dialogue doit être franc, mais doit aussi porter sur les risques de ne pas décarboniser. Le dialogue devrait également inclure tous les acteurs touchés, y compris les organismes de réglementation nucléaire, les organisations de la société civile et, le cas échéant, les communautés autochtones.

L'industrie doit présenter au public une image complète de la production énergétique, où l'énergie nucléaire est exploitée conjointement avec les énergies renouvelables, à la fois pour la production d'électricité et pour de nouvelles applications dans la cogénération pour l'hydrogène et les combustibles synthétiques. La perspective de tirer parti des infrastructures existantes, par exemple en convertissant les centrales au charbon en centrales à combustibles synthétiques, présente l'avantage supplémentaire de maintenir les avantages socio-économiques sans l'empreinte écologique qui accompagne la mise à l'échelle des sources renouvelables.

Dans une autre session, les participants au colloque ont examiné le rôle de l'industrie dans la production d'isotopes pour les traitements médicaux, un aspect souvent négligé par les partisans du nucléaire. Cependant, cette question est compliquée par divers facteurs, incluant la rentabilité de la production d'isotopes. En outre, pour des raisons de coût, la production d'isotopes n'a pas été prise en compte dans les efforts de développement des PRM. En général, les participants au colloque ont convenu que la question des isotopes médicaux devrait être incluse dans le cadre du dialogue public sur les avantages de l'énergie nucléaire. En outre, il a été convenu que le public doit également être rassuré quant à l'utilisation sécuritaire des matières radioactives dans les hôpitaux. Ces établissements doivent être vigilants pour éviter le vol de ces matières par des terroristes qui voudraient les utiliser dans une « bombe sale ». En conséquence, les hôpitaux et autres installations sont des éléments clés des infrastructures essentielles de la communauté nucléaire.

Enfin, une question a préoccupé les participants à plusieurs reprises pendant les deux jours de discussion : qui mène l'agenda nucléaire ? Est-ce que ce devrait être l'industrie elle-même ? Les compagnies d'électricité ? Les fonctionnaires ? Les universitaires ? Le leadership nécessaire doit-il provenir d'un modèle ascendant dans lequel le soutien à l'énergie nucléaire vient de demandes du public pour une solution aux changements climatiques ou d'un modèle descendant avec un ou plusieurs acteurs soutenant l'industrie ? Si ces acteurs sont des dirigeants politiques, la question se pose de savoir comment changer l'opinion publique dans un débat où les émotions règnent et où un appui trop fort pourrait être perçu comme un plaidoyer biaisé.

Il se peut que la réponse réside dans l'amélioration des connaissances du public en matière d'énergie, ce qui pourrait mener à une discussion plus informée sur l'agenda nucléaire. En fin de compte, ce qu'il faut, c'est une stratégie pour s'assurer que la discussion soit fondée sur la science et les données probantes. Le cas échéant, les élus seront alors en mesure de prendre de meilleures décisions dans l'intérêt du public.

## RECOMMANDATIONS :

5.1) Les parties prenantes devraient organiser un groupe de travail multipartite afin d'identifier des solutions et des stratégies pour une communication publique plus efficace, avec le mandat d'élaborer des recommandations pour tous les décideurs. L'objectif ne devrait pas être une campagne de marketing menée par l'industrie mais une initiative cherchant à améliorer la qualité de l'information disponible au public.

5.2) Les parties prenantes devraient chercher à mieux faire connaître les technologies nucléaires dans le cadre d'un portefeuille énergétique national visant la décarbonisation. Cela pourrait inclure une plus grande présence aux conférences et aux événements axés sur l'environnement, des interactions approfondies avec les ONG environnementales et d'autres activités qui contribuent à l'accroissement du rôle du nucléaire dans la lutte contre les changements climatiques.

5.3) Une étude devrait être utilisée sur l'approche communautaire menée dans le cadre du processus d'identification d'un site de stockage à long terme des déchets nucléaires au Canada. L'objectif serait d'élaborer de meilleures pratiques de communication dans l'ensemble du secteur nucléaire.

5.4) Des efforts supplémentaires sont nécessaires, tant au Royaume-Uni qu'au Canada, pour faire connaître les avantages socio-économiques offerts par l'énergie nucléaire (y compris les projets de PRM et de déclasséement) sur la chaîne d'approvisionnement, la R&D locale et le milieu universitaire.

5.5) Les parties prenantes devraient inclure la question de la coopération nucléaire dans les négociations commerciales bilatérales en cours entre le Canada et le Royaume-Uni.