

Mémoire présenté au Comité permanent de l'environnement et du développement durable dans le cadre de son étude sur les technologies propres

*Mémoire soumis par General Fusion en faveur de
la transition de l'approvisionnement énergétique
mondiale vers l'énergie de fusion, une source
d'énergie propre, sûre et abondante*

Le 23 octobre 2022

generalfusion

Jay Brister

dirigeant principal du développement des
affaires de General Fusion

jay.brister@generalfusion.com

Amee Barber

directrice des relations gouvernementales

amee.barber@generalfusion.com

672-513-2633

Kim Nguyen

spécialiste des relations gouvernementales

kim.nguyen@generalfusion.com

Nous vous demandons de bien vouloir prendre en considération le présent mémoire soumis dans le cadre de l'étude du Comité permanent de l'environnement et du développement durable sur les technologies propres qui font l'objet de recherches, qui sont fabriquées et qui sont utilisées au Canada dans le but de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'atténuer les effets néfastes des changements climatiques sur l'environnement. Le mémoire explique la technologie de l'énergie de fusion, présente l'histoire de notre entreprise d'énergie de fusion au Canada et énonce nos recommandations à l'intention du gouvernement fédéral. Les mêmes recommandations ont déjà été soumises dans le cadre du processus de mémoire prébudgétaire fédéral, puis renforcées au moyen de lettres d'appui envoyées par des partenaires.

L'industrie mondiale de la fusion – une course à la commercialisation de la fusion

La fusion alimente le soleil et les étoiles, tandis que l'immense force de gravité comprime et réchauffe le plasma d'hydrogène, le fusionnant en hélium et libérant ainsi d'énormes quantités d'énergie. L'énergie de fusion sur terre promet de transformer fondamentalement le monde de l'énergie. Il est possible d'installer une centrale de production d'énergie de fusion n'importe où; une telle centrale est alimentée par deux isotopes de l'hydrogène et n'émet aucun carbone ni aucun autre gaz à effet de serre. La fusion est sûre de par sa nature. Puisqu'elle présente un profil de rayonnement comparable à celui des isotopes médicaux et qu'elle ne produit aucun déchet radioactif de longue durée de vie, il est possible de la réglementer comme on le fait avec les hôpitaux ou les installations industrielles générales. La fusion offre une énergie de base garantie sur demande ainsi qu'un accès sûr à de l'énergie propre sans contrainte géographique, ni exigence territoriale minimale et permet de nombreuses options en matière de sélection du site et d'utilisation de l'énergie.

Des années de travaux de développement de la technologie de fusion ont pavé la voie à la commercialisation de l'énergie de fusion à court terme. Trois facteurs exercent une influence sur les progrès rattachés à l'énergie de fusion :

- Science de la fusion : Les experts sont de plus en plus en mesure de modéliser et de comprendre la physique fondamentale de la fusion; par conséquent, ils contrôlent mieux le comportement du plasma de fusion.
- Technologies habilitantes : La superinformatique et l'intelligence artificielle, les matériaux composites de pointe, les systèmes de commande numérique à haute vitesse et la fabrication par couches (impression 3D) offrent de nouvelles voies novatrices permettant de résoudre les obstacles qui, par le passé, nuisaient à la concrétisation de l'énergie de fusion.
- Investissements publics et privés : En misant sur des décennies de programmes de recherche gouvernementaux, on a investi 5 milliards de dollars américains au cours des dernières années dans des entreprises privées spécialisées dans la fusion qui ont adopté des approches commerciales axées sur les affaires pour commercialiser l'énergie de fusion.

Grâce à ces progrès, on évalue le marché potentiel de la fusion à l'échelle mondiale à 1 billion de dollars par année; quelque 40 entreprises de partout dans le monde participent à la course à la commercialisation de l'énergie de fusion. Partout dans le monde, des investisseurs et des gouvernements font des investissements majeurs dans l'énergie de fusion afin de saisir les avantages économiques et environnementaux de la production d'une énergie de fusion réaliste et viable sur le plan commercial d'ici le début des années 2030.

Pour réussir à commercialiser l'énergie de fusion à l'intérieur de ce délai, il faudra aller chercher du soutien politique et trouver des solutions techniques aux obstacles connus par le passé à la

production d'une énergie de fusion pratique, soit la durabilité, la production de combustible, la conversion énergétique et le coût. General Fusion, une entreprise canadienne présente en Colombie-Britannique depuis deux décennies, a élaboré une approche pratique unique pour produire de l'énergie de fusion qui se penche sur ces obstacles techniques. Si l'industrie canadienne de la fusion reçoit un appui gouvernemental suffisant, le Canada a une occasion unique de se tailler une place de chef de file sur le marché mondial de l'exportation de l'énergie de fusion.

General Fusion – une entreprise de technologies transformatrices de l'énergie propre présente au Canada

General Fusion, dont le siège social se trouve à Vancouver (Colombie-Britannique), cherche à transformer la filière énergétique mondiale grâce à une technologie de fusion pratique unique appelée « fusion par cible magnétisée » (FCM). Dès le départ, la technologie de FCM de General Fusion a été conçue en ayant en tête la commercialisation de la production d'électricité. Cette technologie représente une fusion qui équivaut à celle d'un moteur diesel : pratique, durable et rentable. L'approche se sert d'améliorations apportées à la technologie existante, comme des pistons à vapeur pour comprimer le plasma dans des conditions de fusion, combinées à des innovations transformatrices, telles que la paroi exclusive où se trouve le métal liquide, pour rendre la machine durable et efficace. Cette approche s'attaque aux quatre grands obstacles à la commercialisation de l'énergie de fusion, donnant ainsi à l'industrie de la fusion canadienne l'occasion de devenir le chef de file du marché mondial de la fusion :

- Machine par fusion durable : La technologie exclusive de compression du métal liquide sur les parois de General Fusion absorbe les neutrons et protège la machine contre les dommages causés par la fusion, contrairement à d'autres technologies.
- Production de combustible suffisante : L'un des composants du combustible de fusion de General Fusion est le tritium. Avec la machine FCM de General Fusion, on peut produire suffisamment de tritium pour permettre une réaction de fusion. La paroi où se dirige le métal liquide qui entoure et comprime le plasma de fusion contient du lithium, qui est transformé en tritium et en hélium au moyen des neutrons issus de la fusion.
- Conversion énergétique simple : Dans une centrale de production d'énergie commerciale de General Fusion, le métal liquide chaud circulera depuis la machine par fusion en passant par un échangeur de chaleur dans le but de faire bouillir de l'eau et de produire de la vapeur, ce qui actionnera une turbine et générera de l'électricité. Il s'agit d'un processus entièrement industrialisé qui est utilisé dans la plupart des centrales de production d'énergie modernes de nos jours; l'approche de General Fusion convient ainsi pour transformer les centrales d'électricité d'origine électrique traditionnelles.
- Conditions économiques liées à la fusion : La compression mécanique à l'aide d'un métal liquide évite d'avoir recours à des cibles ou à des aimants dispendieux, à des lasers de haute puissance et à des matériaux exotiques/non disponibles nécessaires pour maintenir le processus de fusion dans d'autres technologies.

General Fusion vise à commercialiser sa technologie d'ici le début des années 2030, ce qui mènerait à la construction de centrales de fusion à la grandeur des marchés énergétiques mondiaux et au soutien de la vaste chaîne d'approvisionnement canadienne en énergie de fusion.

Le fondateur de l'entreprise, Michel Laberge, Ph. D., a lancé General Fusion sur l'île Bowen en 2002. De nos jours, General Fusion emploie plus de 200 personnes au Canada. Dans les dernières années, General Fusion a réalisé d'importants progrès techniques à son laboratoire

de Vancouver. L'entreprise est désormais prête à faire la démonstration de sa technologie à une échelle pertinente, soit celle d'une centrale de production d'énergie.

Le soutien financier du gouvernement du Canada qui a été obtenu dans le cadre du PARI, de TDDC et du FSI a joué un rôle clé dans la croissance et le succès de General Fusion jusqu'à maintenant et a contribué à faire du Canada un joueur important dans l'industrie de l'énergie propre qu'est la fusion. Cependant, alors que General Fusion est maintenant prête à aller de l'avant avec son programme de démonstration à la fine pointe de l'industrie, les fonds du PARI et de TDDC arrivent à échéance et le financement du FSI doit prendre fin en 2023. Il est primordial d'obtenir une nouvelle source d'aide gouvernementale pour l'industrie de la fusion canadienne si l'on veut préserver le leadership du Canada dans le secteur de l'énergie propre de la fusion et continuer d'encourager la croissance de l'industrie, y compris le développement de la PI canadienne, la création d'emplois et l'agrandissement de la chaîne d'approvisionnement.

Pour présenter sa technologie à grande échelle, l'équipe de General Fusion se trouvant à Vancouver a conçu un modèle de démonstration de fusion qui sera construit au Culham Centre for Fusion Energy du Royaume-Uni. Cette démonstration mettra en place des conditions de fusion, notamment en atteignant 100 millions de degrés Celsius dans un environnement s'apparentant à celui d'une centrale de production d'énergie. Cette démonstration de fusion sert à confirmer le rendement et la valeur économique de la technologie de General Fusion; elle fournit l'information nécessaire pour concevoir et bâtir une centrale commerciale pilote qui produit de l'électricité à un coût abordable.

Une telle initiative nécessitera des fonds importants au cours des cinq prochaines années, tant du secteur privé que du gouvernement. General Fusion est en train d'agrandir son laboratoire de recherche canadien dans une installation de 60 000 pieds carrés à Sea Island où se trouve l'aéroport de Vancouver, dans le cadre du projet de corridor d'innovation YVR, afin d'aider l'effectif technique qui travaille à la conception de la machine de démonstration et de l'installation. Cet effectif jouera par ailleurs un rôle clé dans la conception de la première centrale de fusion commerciale pilote du monde.

La présence de General Fusion à Vancouver et son modèle d'affaires entraînent des avantages économiques majeurs pour le Canada. Les investissements continus du gouvernement du Canada dans le secteur de la fusion contribueront à la croissance d'une industrie appelée à bâtir et à exporter cette technologie d'énergie propre qui vient vraiment changer la donne; par le fait même, on s'assurera que son effectif, ses droits de propriété intellectuelle et sa base d'approvisionnement profiteront au Canada.

General Fusion a déjà commencé à établir des partenariats dans le but de soutenir une chaîne d'approvisionnement locale stable pour les futures centrales de production d'énergie commerciales. L'entreprise contribue au perfectionnement du savoir-faire canadien en matière de fusion grâce à des partenariats avec des entités techniques de pointe, comme Laboratoires Nucléaires Canadiens et Bruce Power. Par ailleurs, les scientifiques de General Fusion travaillant à Vancouver ont publié un important volume d'études examinées par des pairs, ont dirigé des initiatives internationales en vue de faire connaître le codage propre à la fusion et ont conclu plus d'une trentaine de partenariats techniques et universitaires avec de grands établissements d'enseignement technique, comme le MIT, Princeton et l'Atomic Energy Authority du Royaume-Uni.

En plus de faire appel aux services de spécialistes et d'ingénieurs des sciences appliquées et de générer un important volume de propriété intellectuelle canadienne, General Fusion a le

potentiel de devenir un puissant moteur économique pour le pays en participant à la création d'une chaîne d'approvisionnement en énergie de fusion canadienne, depuis la production d'acier spécial à la mise en place d'importantes capacités de forgeage en passant par l'électronique de pointe.

Concurrence mondiale et investissements publics et privés dans l'énergie de fusion

General Fusion est l'une des quelque 40 entreprises qui sont dans la course à la commercialisation de l'énergie de fusion à l'échelle mondiale; elle est l'une des sept entreprises seulement à avoir obtenu plus de 200 millions de dollars américains en financement privé. Il s'agit de la seule entreprise canadienne se trouvant sur cette courte liste.

Au cours des deux dernières années seulement, les investissements privés dans le secteur de la fusion ont augmenté de 163 %; les investissements privés dans les activités de fusion totalisent désormais 5 milliards de dollars à l'échelle mondiale¹. Les investissements du secteur privé viennent s'ajouter à des années d'investissements provenant du secteur public, mais les gouvernements sont encore et toujours des partenaires clés dans le processus de développement de l'énergie de fusion en tant que garants fondamentaux de l'intérêt public. Plus précisément, les gouvernements des États-Unis et du Royaume-Uni financent intensément les activités de développement de l'énergie de fusion. L'industrie de la fusion canadienne s'est lancée dans la course qui se déroule à l'échelle mondiale et qui vise à récolter les avantages économiques et environnementaux de la concrétisation de l'énergie de fusion sur le plan commercial.

Le gouvernement des États-Unis s'est engagé à verser d'importantes sommes et à consacrer des ressources stratégiques et de recherche dans les activités du secteur de la fusion. Les États-Unis dépensent présentement plus d'argent dans le secteur de la fusion que n'importe quel autre pays avec des dépenses annuelles se chiffrant autour de 600 à 700 millions de dollars américains. En mars 2022, la Maison-Blanche a diffusé sa vision intitulée « Bold Decadal Vision for Fusion Energy »; par ailleurs, le département de l'Énergie (DE) des États-Unis a créé récemment des programmes de centrale d'énergie de fusion autorisés valant plus de 600 millions de dollars américains qui fourniront des plans de centrale d'énergie de fusion avant la fin de la présente décennie. En septembre 2022, le DE a annoncé la première tranche de ce programme, en accordant 50 millions de dollars à des entreprises de fusion à but lucratif, et a établi que le programme était un partenariat public-privé². En plus de mettre en place ce nouveau programme par étapes clés, le Congrès américain a affecté 713 millions de dollars, un record historique, à son Office of Fusion Energy Sciences³.

Parallèlement, le gouvernement du Royaume-Uni donne son appui à d'ambitieux programmes portant sur l'énergie de fusion. Le Royaume-Uni a mis en place le programme STEP (Spherical Tokamak for Energy Production), une ambitieuse initiative financée par le gouvernement, dont l'objectif est de concevoir et de construire une centrale d'énergie de fusion pilote d'ici 2040. Au titre de ce programme, l'Atomic Energy Authority du Royaume-Uni a reçu en financement

¹ Fusion Industry Association, « The Global Fusion Industry Report », 2022.

<https://www.fusionindustryassociation.org/post/the-global-fusion-industry-in-2022-report-in-the-news>

² Office of Fusion Energy Sciences, « [Department of Energy Announces \\$50 Million for a Milestone-Based Fusion Development Program](#) ».

³ Fusion Industry Association, « [Congress Provides Record Funding for Fusion Energy and Initiates New Public Private Partnership](#) ».

222 millions de livres de son gouvernement dans le but de produire un modèle de concept de centrale de fusion commerciale d'ici 2024; elle a récemment trouvé l'emplacement de cette future centrale d'énergie de fusion commerciale. Le gouvernement du Royaume-Uni mène également un sondage parlementaire sur sa stratégie relative à l'énergie nucléaire. Il cherche à obtenir des avis sur la meilleure façon de financer et d'accélérer le développement de l'énergie de fusion⁴ et a adopté récemment un cadre de réglementation de la fusion qui est comparable à la réglementation en vigueur dans les hôpitaux, assurant ainsi une certitude réglementaire au marché de la fusion du Royaume-Uni. Dans le cadre de son engagement plus vaste dans le domaine de la fusion, le gouvernement du Royaume-Uni a aussi offert du soutien financier à General Fusion pour la construction de son modèle de démonstration de la fusion à Culham.

Les gouvernements qui investissent dans les activités de recherche et de commercialisation rattachées à l'énergie de fusion s'attendent à retirer un rendement économique majeur dépassant les avantages de la fusion du point de vue de la décarbonation transformatrice. Selon une étude réalisée par London Economics, les investissements gouvernementaux dans la recherche sur la fusion offrent un rendement économique multiplié par quatre⁵. La recherche s'est penchée sur les répercussions financières et économiques des investissements publics du Royaume-Uni dans les travaux de recherche sur la fusion de l'Atomic Energy Authority (UKAEA) du Royaume-Uni de 2009 à 2019 et a fait ressortir que, pour chaque livre investie dans l'UKAEA, on obtenait un rendement d'environ 4 £. Par ailleurs, quelque 4 000 emplois directs et indirects ont été créés, et des progrès majeurs ont été réalisés dans les technologies « connexes à la fusion », comme la robotique, le développement de nouveaux matériaux et l'apport à l'informatique et à l'intelligence artificielle. Parmi les autres avantages indirects, mentionnons le perfectionnement de l'effectif grâce à des activités d'amélioration des compétences et de transfert du savoir. En bref, les investissements publics dans les activités de recherche et de commercialisation liées à l'énergie de fusion offrent un rendement qui justifie que l'on poursuive les investissements publics stables à long terme et à grande échelle. Alors que l'industrie se dirige vers une commercialisation à grande échelle, les possibilités d'exportation d'une énergie propre et de développement de la chaîne d'approvisionnement sont vastes.

À l'échelle mondiale, les investissements privés et publics dans le secteur des activités de fusion sont à la hausse alors que la technologie de la fusion progresse dans le contexte des initiatives de décarbonation menées à bien partout dans le monde, de la crise relative à la sécurité énergétique qui se poursuit et de la hausse du coût de l'électricité. Des marchés d'énergie de fusion sûrs et carboneutres sont en voie de se développer à l'échelle planétaire. Il est maintenant temps pour l'industrie canadienne de l'énergie de fusion et le gouvernement du Canada de travailler main dans la main pour assurer au Canada un rôle de chef de file dans le secteur des exportations de technologies d'énergie de fusion propres. Il est essentiel de s'assurer que l'on dispose d'une source de financement fédérale adéquate et fiable pour la fusion et de vérifier que l'énergie de fusion est admissible à l'ensemble des réserves de financement du gouvernement du Canada relatives aux énergies et aux technologies propres si l'on veut que le Canada conserve son leadership dans le domaine du développement de sources d'énergie propres.

Voilà pourquoi General Fusion recommande que le gouvernement finance, à un niveau

⁴ [Parlement du R.-U.](#), « UK's Parliamentary Probe into the UK's Nuclear Power Strategy ».

⁵ UK Atomic Energy Authority, « [Government investment in fusion energy boosts British economy by £1.4 billion](#) », 2020.

comparable à ce qui se fait aux États-Unis et au Royaume-Uni, un Fonds pour l'énergie de fusion qui sera lancé au cours de l'année financière 2023 en vue d'appuyer la maturation de la technologie de fusion, de garantir la commercialisation accélérée de la PI de la technologie de fusion canadienne et de s'approprier un rôle de chef de file en ce qui a trait à l'avancement de la technologie de l'énergie de fusion. Ces fonds garantiraient un financement prévisible à long terme sur une période de cinq ans.

Compte tenu de ce qui précède, General Fusion recommande que le gouvernement du Canada intègre les mesures suivantes dans le budget fédéral de l'année financière 2023 :

Recommandation 1 : Verser 400 millions de dollars canadiens dans un Fonds pour l'énergie de fusion qui sera lancé au cours de l'année financière 2023 en vue d'appuyer la maturation de la technologie de fusion, de garantir la commercialisation accélérée de la PI de la technologie de fusion canadienne et de s'approprier un rôle de chef de file en ce qui a trait à l'avancement de la technologie de l'énergie de fusion. Ces fonds garantiraient un financement prévisible à long terme sur une période de cinq ans.

Recommandation 2 : Accorder un financement adéquat à la Commission canadienne de sûreté nucléaire afin d'appuyer la création de règlements sur les centrales de fusion commerciales ainsi que l'élaboration, le financement et la mise en œuvre d'une campagne de sensibilisation du public qui serait lancée au moment de l'entrée en vigueur des règlements.

Recommandation 3 : Créer un groupe de réflexion spécialisé sur la fusion au sein du Secteur des systèmes énergétiques de Ressources naturelles Canada pour faire des recherches et donner des conseils sur l'intégration de la fusion dans le réseau de distribution électrique du Canada.