



CMRC-NRC

Évaluation de TRIUMF

Rapport final
Le 14 mars 2019

Bureau de la vérification et de l'évaluation



© (2019) Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
représentée par le Conseil national de recherches du Canada

N° de cat. NR16-272/1-2019F-PDF
ISBN 978-0-660-30450-2

Also available in English

Préparé par :

Bureau de la vérification et de l'évaluation
Conseil national de recherches Canada

Date d'approbation :

Le 24 mars 2019

Résumé

TRIUMF est un laboratoire d'accélération des particules qui mène des recherches en physique nucléaire, en physique des particules et en médecine nucléaire, ainsi qu'en science des matériaux et en science des accélérateurs. Dans ces disciplines, la recherche exige de grandes installations expérimentales très coûteuses. TRIUMF maintient donc une infrastructure scientifique unique en son genre, qu'elle met à la disposition des membres de la communauté scientifique canadienne et internationale. En outre, TRIUMF participe à des projets internationaux, ce qui permet aux chercheurs canadiens d'accéder en retour à des installations internationales.

TRIUMF reçoit des crédits de fonctionnement du gouvernement fédéral en vertu d'un accord de contribution conclu avec le Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Conformément aux exigences de la *Loi sur la gestion des finances publiques* (article 42.1) et au plan d'évaluation ministériel approuvé du CNRC, il incombe donc au CNRC d'évaluer tous les 5 ans les activités de TRIUMF. La présente évaluation porte sur la période de cinq ans allant de 2013-2014 à 2017-2018. Étant donné que la contribution du CNRC n'est pas la seule source de financement de TRIUMF et qu'il n'existe aucun résultat distinct associé uniquement à cette contribution, la présente évaluation prend en compte l'ensemble des activités et des résultats de TRIUMF.

L'approche adoptée pour la collecte des données nécessaires à l'évaluation s'appuie à la fois sur des méthodes qualitatives et quantitatives. Voici les méthodes utilisées :

- examen de documents;
- examen de données administratives et de rendement;
- entretiens avec des employés, des clients et des partenaires de TRIUMF, ainsi qu'avec d'autres parties intéressées clés;
- sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF;
- examen international par des pairs.

Une analyse bibliométrique (commandée par TRIUMF) et une évaluation des retombées économiques de TRIUMF (commandée par le CNRC) ont aussi été effectuées par des experts-conseils de l'extérieur afin d'éclairer l'évaluation. Ces deux documents importants faisaient partie des documents clés consultés dans le cadre de l'examen de la documentation.

Constatations de l'évaluation

TRIUMF répond aux besoins d'une communauté de chercheurs qui est en pleine expansion, surtout en lui fournissant de l'équipement et des installations inexistantes ailleurs au Canada. En raison des sommes considérables reçues du gouvernement fédéral, la pertinence de TRIUMF a aussi été évaluée en fonction de la concordance entre ses travaux et les priorités du gouvernement fédéral. L'évaluation a permis de constater qu'il y a une très bonne concordance, tant sur le plan scientifique et technologique qu'en matière d'innovation. Le Comité international d'examen par les pairs (CIEP) estime cependant que pour favoriser un succès continu, TRIUMF

aurait besoin d'une voix plus forte pour défendre ses intérêts au sein du gouvernement du Canada.

TRIUMF joue un rôle important dans la position qu'occupe actuellement le Canada sur la scène mondiale dans les domaines de recherche connexes aux activités de l'organisme, en partie grâce aux installations qu'il met à la disposition des chercheurs pour mener leurs importants travaux de recherche et grâce aux projets de collaboration internationaux qu'il facilite. TRIUMF contribue aussi par ses propres réussites scientifiques à la réputation favorable dont jouit le Canada. Nous songeons notamment à sa contribution à certains travaux qui se sont démarqués, comme la découverte du boson de Higgs au CERN et l'élucidation des propriétés des neutrinos grâce à l'expérience T2K menée au Japon. La formation de personnes hautement qualifiées (PHQ) et l'attrait que TRIUMF exerce sur les PHQ de l'étranger font partie de sa contribution à la communauté scientifique. Enfin, TRIUMF génère d'importantes retombées au Canada, grâce à ses activités courantes et à TRIUMF Innovations.

TRIUMF a apporté un certain nombre de changements afin d'accroître son efficacité et prévoit d'en apporter plusieurs autres. L'organisme s'est notamment attaqué aux problèmes cernés dans l'évaluation précédente et a mis en place un certain nombre de nouveaux mécanismes pour accroître son efficacité. La structure de gouvernance de TRIUMF fait par ailleurs actuellement l'objet d'un remaniement qui vise à rationaliser le fonctionnement de son conseil d'administration et à élargir les rangs de ce dernier en y ajoutant, outre des membres possédant une connaissance des recherches menées par l'organisme, des experts en gestion des ressources et des installations. Finalement, le CIEP juge que le plan stratégique 2020-2025 de TRIUMF, qui expose la vision de l'organisme pour la période en question, est ambitieux, mais qu'il est réaliste compte tenu de l'approche adoptée.

L'évaluation a également permis de relever des possibilités d'amélioration dans certains domaines et formule donc les recommandations suivantes :

1. Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF et TRIUMF Innovations afin de diversifier les activités de commercialisation du laboratoire (et d'accroître la valeur des redevances perçues et le nombre de brevets), de manière à répartir et à atténuer les risques associés à un portefeuille trop concentré.
2. Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour cerner des moyens d'étendre les activités de rayonnement du laboratoire à des régions autres que la Colombie-Britannique, dans le but d'accroître les retombées des activités de TRIUMF et d'élargir le soutien dont il bénéficie. Le recours à des outils virtuels pourrait notamment être envisagé.
3. Afin de faciliter la compréhension par les employés de TRIUMF des changements organisationnels prévus et d'obtenir leur adhésion à ces changements, le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour élaborer et mettre en œuvre un plan de communications des changements et des avantages prévus.

4. Le CNRC devrait, de concert avec TRIUMF, établir des indicateurs quantitatifs pour surveiller la mise en œuvre des changements organisationnels et leurs retombées, s'assurer que les résultats escomptés sont bien obtenus et permettre à la direction de TRIUMF d'apporter les légers changements qui s'imposent, le cas échéant, pour obtenir ces résultats.

Acronymes

| | |
|-----------------|---|
| AAPS | Advanced Applied Physics Solutions Inc. |
| ARIEL | Advanced Rare Isotope Laboratory |
| BGP | Bureau de gestion des projets |
| BPD | Boursier postdoctoral |
| CA | Conseil d'administration |
| CCNRI | Conseil consultatif national indépendant en recherche et en innovation |
| CCPP | Comité consultatif des politiques et de la planification |
| CCT | Comité consultatif de TRIUMF |
| CE | Chef de l'exploitation |
| CEPSV | Comité d'évaluation des projets en sciences de la vie |
| CIEP | Comité international d'examen par les pairs |
| CIT | Comité interorganisations de TRIUMF |
| CNRC | Conseil national de recherches Canada |
| CRSH | Conseil de recherches en sciences humaines |
| CRSNG | Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada |
| DEO | Diversification de l'économie de l'Ouest |
| ETP | Équivalent temps plein |
| FCI | Fondation canadienne pour l'innovation |
| FIR | Faisceau d'isotopes rares |
| FIRM | Facteurs d'impact relatif moyen |
| FRIB | Installation de production de faisceaux d'isotopes rares |
| HAL | Hickling, Arthur et Low |
| IAMI | Institute for Accelerator-based Medical Isotopes |
| IRSC | Instituts de recherche en santé du Canada |
| ISAC | Séparateur et accélérateur d'isotopes |
| ISOL | Technologie de séparation des isotopes en ligne |
| MCR | Moyenne des citations relatives |
| MMS-RMN β | Sciences moléculaires et des matériaux – résonance magnétique nucléaire bêta |
| MMS-EEC | Comité d'évaluation des expériences en sciences moléculaires et des matériaux |
| MMS-MuSR | Sciences moléculaires et des matériaux – rotation du spin des muons |
| NSCL | National Superconducting Cyclotron Laboratory |
| PHQ | Personne hautement qualifiée |
| PIB | Produit intérieur brut |
| PSA | Physique subatomique |
| R-D | recherche-développement |
| RNCan | Ressources naturelles Canada |
| SAP-EEC | Comité d'évaluation des expériences en physique subatomique |
| SAP-RIB | Physique subatomique – faisceaux d'isotopes rares |
| SGQ | Système de gestion de la qualité |
| S-T | sciences et technologie |
| UBC | Université de Colombie-Britannique |

Table des matières

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | À propos de TRIUMF..... | 1 |
| 2 | À propos de l'évaluation | 4 |
| 3 | TRIUMF répond aux besoins des scientifiques canadiens et ses activités sont conformes aux priorités du gouvernement fédéral | 5 |
| 3.1 | TRIUMF répond aux besoins d'une communauté canadienne croissante de chercheurs en physique subatomique..... | 5 |
| 3.2 | Les chercheurs et étudiants universitaires ont besoin des grandes installations de TRIUMF | 7 |
| 3.3 | Les besoins des chercheurs canadiens ne pourraient être satisfaits sans TRIUMF.. | 8 |
| 3.4 | TRIUMF respecte les priorités du gouvernement fédéral en sciences, en technologie et en innovation | 9 |
| 3.5 | Le CNRC joue de manière appropriée son rôle de supervision de TRIUMF | 11 |
| 4 | TRIUMF contribue de manière importante à la science et génère des retombées économiques et sociales..... | 12 |
| 4.1 | TRIUMF appuie le rendement et la réputation du Canada dans les domaines scientifiques connexes à ses activités..... | 12 |
| 4.2 | TRIUMF contribue à des recherches et à des découvertes importantes..... | 14 |
| 4.3 | TRIUMF facilite la collaboration au Canada et à l'échelle internationale..... | 19 |
| 4.4 | TRIUMF favorise la formation de personnes hautement qualifiées..... | 23 |
| 4.5 | TRIUMF attire des personnes hautement qualifiées au Canada..... | 25 |
| 4.6 | Les activités de TRIUMF génèrent des retombées économiques et sociales pour le Canada..... | 26 |
| 5 | TRIUMF est déterminé à adopter un mode de fonctionnement efficace et économique . | 32 |
| 5.1 | TRIUMF accroît son efficacité grâce à de nouveaux mécanismes et à une gouvernance améliorée..... | 32 |
| 5.2 | TRIUMF gère sagement ses ressources..... | 35 |
| 5.3 | TRIUMF propose un plan stratégique réaliste pour 2020-2025..... | 37 |
| 5.4 | L'approche actuelle du Canada en matière de financement crée des défis tant pour TRIUMF que pour d'autres installations | 38 |
| 6 | Conclusion | 40 |
| 7 | Réponse de la direction..... | 42 |
| | Annexe A – Questions de l'évaluation..... | 45 |
| | Annexe B – Méthodologie d'évaluation | 46 |
| | Annexe C – Composition du Comité international d'examen par les pairs..... | 51 |

1 À propos de TRIUMF

TRIUMF est un laboratoire d'accélération des particules qui mène des recherches en physique nucléaire, en physique des particules et en médecine nucléaire, ainsi qu'en science des matériaux et en science des accélérateurs. Dans ces disciplines, la recherche exige de grandes installations expérimentales très coûteuses. TRIUMF maintient donc une infrastructure scientifique unique en son genre, qu'elle met à la disposition des membres de la communauté scientifique canadienne et internationale. En outre, TRIUMF participe à des projets internationaux, ce qui permet aux chercheurs canadiens d'accéder en retour à des installations internationales.

TRIUMF, qui s'appelait au départ la Tri-University Meson Facility, a d'abord été une installation de recherche universitaire en physique nucléaire. Le laboratoire a ensuite évolué pour devenir un laboratoire national menant une gamme beaucoup plus large d'activités. TRIUMF est né en 1968 de la conclusion d'un accord entre le gouvernement du Canada, l'Université Simon Fraser, l'Université de Colombie-Britannique (UBC) et l'Université de Victoria. Ce consortium a pris ensuite de l'expansion et il compte désormais vingt universités canadiennes, dont 14 sont membres à part entière et 6 sont des membres associés¹. À l'heure actuelle, les membres à part entière se partagent la responsabilité légale et financière de TRIUMF et disposent d'un droit de vote au sein du Conseil d'administration. Chaque université membre à part entière possède une participation égale dans tous les actifs, sauf le terrain et les immeubles qui appartiennent à l'UBC, puisque le laboratoire est situé sur des terrains de cette université. On trouvera à la section 5 du présent rapport la description de la transformation en cours du mode de gouvernance de TRIUMF ainsi que des rôles et responsabilités des universités membres à part entière.

TRIUMF reçoit ses crédits de fonctionnement du gouvernement fédéral en vertu d'un accord de contribution conclu avec le Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Le CNRC a pour mandat d'administrer cet accord de contribution et est membre sans droit de vote du Conseil d'administration et du Comité de vérification de TRIUMF. Le Comité consultatif de TRIUMF (CCT), qui a été créé par le CNRC, ainsi que le Comité interorganisations de TRIUMF (CIT) exercent une supervision additionnelle sur les activités de TRIUMF. Le CNRC consacre environ un équivalent temps plein à ses activités d'administration de TRIUMF.

¹ Les universités membres de TRIUMF sont les suivantes : l'Université de l'Alberta, l'Université de Colombie-Britannique, l'Université de Calgary, l'Université Carleton, l'Université de Guelph, l'Université du Manitoba, l'Université de Montréal, l'Université Queen's, l'Université de Regina, l'Université Simon Fraser, l'Université de Toronto, l'Université de Victoria, l'Université McMaster et l'Université York. Les universités qui sont des membres associés sont l'Université McGill, l'Université Northern British Columbia, l'Université Saint Mary's, l'Université de Sherbrooke, l'Université Western et l'Université de Winnipeg.

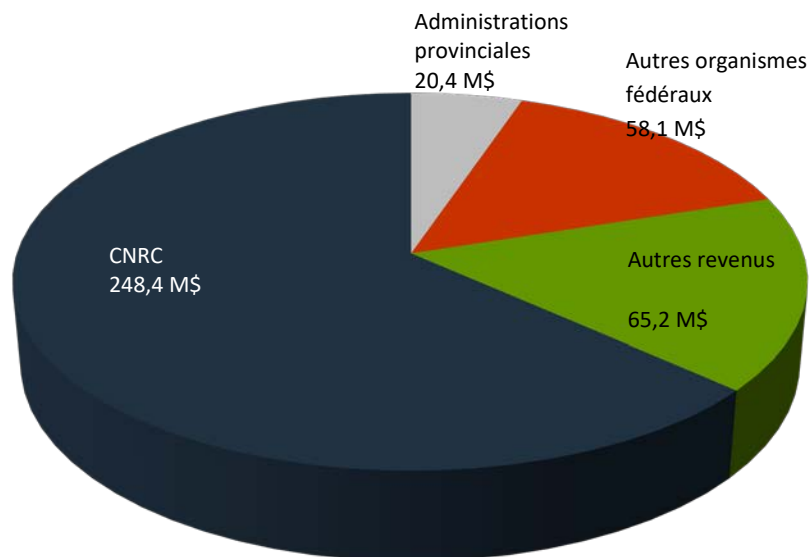
Objectifs de TRIUMF

L'objectif ultime de TRIUMF consiste à améliorer la qualité de vie des Canadiens et à stimuler la croissance économique au Canada. Le laboratoire s'efforce d'y arriver en effectuant de la recherche scientifique de pointe, en suscitant la recherche universitaire, en mettant le Canada en contact avec le reste du monde et en créant une croissance sociale et économique.

Ressources et dépenses

Au cours de la période de visée par l'évaluation (de 2013-2014 à 2017-2018), TRIUMF a obtenu des fonds de 392 millions de dollars, dont 63 % provenaient de l'accord de contribution avec le CNRC. Le reste du financement est venu de sources diverses (figure 1.1).

Figure 1.1 : De 2013-2014 à 2017-2018, l'enveloppe budgétaire totale de TRIUMF s'est chiffrée à 392 millions de dollars



- Parmi les autres fonds fédéraux, mentionnons les subventions de la FCI et du CRSNG ainsi qu'un accord de contribution conclu avec Ressources naturelles Canada (RNCan), de même que les fonds obtenus de Diversification de l'économie de l'Ouest (DEO).
- Les sommes versées par les administrations provinciales comprennent les contributions d'une valeur correspondant à celle de la FCI venant de six provinces, de même que les contributions de la province de Colombie-Britannique au titre de l'Institute for Accelerator-based Medical Isotopes (IAMIs).
- Les autres revenus sont des revenus de placement et des revenus commerciaux, y compris ceux tirés de TRIUMF Innovations.

Source : Données de TRIUMF

Les crédits versés par le CNRC sont utilisés par TRIUMF pour assurer ses activités de base, notamment pour payer ses charges salariales, ses frais d'entretien et de réparation, son infrastructure de base et les mises à niveau, de même que les services publics. Les fonds d'autres sources financent les activités de recherche et les activités connexes et servent à éponger d'autres coûts opérationnels ou de fonctionnement.

Ressources humaines

Au cours de la période visée par l'évaluation, les ressources totales de TRIUMF en équivalents temps plein (ETP) ont augmenté, passant de 495 à 535 (tableau 1.2). En moyenne, le CNRC a financé 74 % de tous les ETP de TRIUMF.

Tableau 1.2 : De 2013-2014 à 2017-2018, le nombre d'ETP de TRIUMF a augmenté de 40

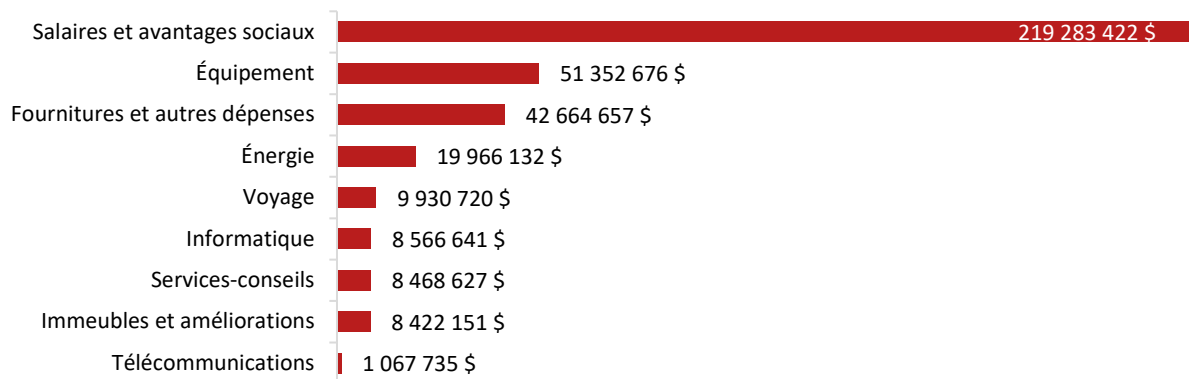
| | 2013-2014 | 2014-2015 | 2015-2016 | 2016-2017 | 2017-2018 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Nombre | Nombre | Nombre | Nombre | Nombre |
| Personnel administratif | 37 | 39 | 44 | 49 | 46 |
| Installations et services sur le site | 26 | 27 | 29 | 30 | 33 |
| Scientifiques et chercheurs désignés par le Conseil d'administration | 46 | 45 | 43 | 49 | 47 |
| Nominations conjointes du corps professoral ² | 6 | 7 | 11 | 11 | 11 |
| Scientifiques membres du personnel | 33 | 35 | 36 | 38 | 43 |
| Ingénieurs | 83 | 78 | 80 | 91 | 93 |
| Systèmes d'information et technologues | 21 | 19 | 22 | 18 | 21 |
| Techniciens/technologues | 161 | 165 | 163 | 162 | 158 |
| Boursiers postdoctoraux et adjoints de recherche | 50 | 45 | 42 | 43 | 49 |
| Étudiants diplômés | 32 | 30 | 35 | 31 | 34 |
| TOTAL | 495 | 490 | 505 | 522 | 535 |

Source : Données de TRIUMF

Au cours de la période visée par l'évaluation, TRIUMF a engagé des dépenses de 370 millions de dollars. Le poste de dépenses le plus important de TRIUMF est celui des salaires et avantages sociaux, qui représente 60 % de l'ensemble des dépenses au cours de la période visée. D'autres coûts considérables sont associés à l'équipement, aux fournitures et à l'énergie nécessaires pour assurer le fonctionnement de l'installation (figure 1.3).

² En 2017-2018, les 11 nominations conjointes du corps professoral se répartissaient comme suit : Université Carleton (2), Université Simon Fraser (2), Université de l'Alberta, Université de Guelph, Université McGill, Université de Toronto, Université de Victoria, Université de Winnipeg et IMPU Tokyo.

Figure 1.3 : De 2013-2014 à 2017-2018, les dépenses de TRIUMF se sont chiffrées à 370 millions de dollars



Source : Données de TRIUMF

TRIUMF Innovations

TRIUMF Innovations est l'organisation qui relie TRIUMF au monde des affaires. Créé en 2008, ce « bras commercial » de TRIUMF découle d'un effort visant à amplifier les retombées socio-économiques du laboratoire. Initialement lancée avec l'aide financière des Réseaux de Centres d'excellence en commercialisation et en recherche, l'entreprise avait été baptisée Advanced Applied Physics Solutions Inc. (AAPS). Relancée sous l'appellation TRIUMF Innovations en 2017, l'organisation a été dotée d'une nouvelle structure organisationnelle, d'un nouveau système de gouvernance et d'un mandat élargi. Entité légalement distincte de TRIUMF, TRIUMF Innovations s'efforce de trouver des débouchés commerciaux pour les technologies de physique appliquée qui émergent des travaux de TRIUMF. En outre, elle rationalise l'accès aux compétences et à l'infrastructure de TRIUMF et facilite la création de partenariats industriels, l'octroi de licences et le développement des affaires pour les chercheurs et les technologies de TRIUMF.

2 À propos de l'évaluation

Comme nous l'avons mentionné précédemment, TRIUMF reçoit du gouvernement fédéral des crédits de fonctionnement qui sont administrés par le CNRC. Conformément aux exigences de la *Loi sur la gestion des finances publiques* (article 42.1) et au plan d'évaluation ministériel approuvé du CNRC, il incombe donc au CNRC d'évaluer tous les cinq ans les activités de TRIUMF. La présente évaluation porte sur la période de cinq ans allant de 2013-2014 à 2017-2018. Étant donné que la contribution du CNRC n'est pas la seule source de financement de TRIUMF et qu'il n'existe aucun résultat distinct associé uniquement à cette contribution, la présente évaluation prend en compte l'ensemble des activités et des résultats de TRIUMF.

L'évaluation vise à établir la pertinence de TRIUMF et son rendement. Les questions sur lesquelles porte l'évaluation découlent de consultations avec la vice-présidente, Technologies émergentes du CNRC (de même qu'avec des membres clés de son personnel), avec la haute

direction de TRIUMF et avec d'autres organismes de financement fédéraux, ainsi que d'un examen des principaux documents. (Voir à l'annexe A les questions de l'évaluation.)

Afin que ses constatations soient aussi utiles, valides et pertinentes que possible, l'équipe d'évaluation a eu recours à une combinaison de méthodes pour recueillir les données. L'approche globale de collecte des données intégrait des méthodes qualitatives et des méthodes quantitatives :

- examen de documents;
- examen des données administratives et de rendement;
- entretiens avec des employés, des clients et des partenaires de TRIUMF et avec d'autres parties intéressées clés;
- sondage mené auprès des utilisateurs de TRIUMF;
- examen international par les pairs.

Une analyse bibliométrique (commandée par TRIUMF) et une évaluation des retombées économiques (commandée par le CNRC) ont aussi été effectuées par des experts-conseils de l'extérieur afin d'éclairer l'évaluation. Ces deux documents faisaient partie des documents clés consultés dans le cadre de l'examen de la documentation. (Voir à l'annexe B une description détaillée de la méthodologie utilisée pour l'évaluation.)

Les sections qui suivent décrivent les constatations de l'évaluation en les répartissant par grands thèmes : pertinence/besoins (section 3), rendement (section 4), et efficacité (section 5). On trouvera à la section 6 les conclusions de l'évaluation et à la section 7, la réponse de la direction.

3 TRIUMF répond aux besoins des scientifiques canadiens et ses activités sont conformes aux priorités du gouvernement fédéral

L'évaluation s'est penchée sur la pertinence de TRIUMF en s'efforçant d'établir si les scientifiques canadiens avaient vraiment besoin d'une installation comme TRIUMF et s'il serait possible de répondre à leurs besoins en l'absence de TRIUMF. L'évaluation a permis de constater que TRIUMF répondait aux besoins d'une communauté de chercheurs en pleine expansion, tout particulièrement en mettant à leur disposition de l'équipement et des installations dont ils ont besoin et qui n'existent nulle part ailleurs au Canada. En raison des sommes considérables que TRIUMF reçoit du gouvernement fédéral, la pertinence du laboratoire a aussi été évaluée en fonction de la concordance entre ses activités et les priorités fédérales en sciences, en technologie et en innovation. L'évaluation a permis de constater qu'il y a une très bonne concordance.

3.1 TRIUMF répond aux besoins d'une communauté canadienne croissante de chercheurs en physique subatomique

La nécessité de TRIUMF est démontrée en partie par la présence au Canada d'une communauté canadienne croissante de chercheurs dans les disciplines liées aux activités

de TRIUMF. Selon le profil le plus récemment établi par le CRSNG (2015), cette communauté de chercheurs en physique subatomique est répartie dans 31 universités et installations comme TRIUMF et SNOLAB³. Les membres de cette communauté ont beaucoup d'expérience. Selon le profil du CRSNG, ils ont obtenu en moyenne leur doctorat il y a 25 ans. Outre l'excellence que suppose implicitement cette grande expérience, cette constatation pourrait aussi donner à penser que ce groupe de chercheurs est vieillissant. Les données indiquent au contraire que le groupe est en pleine croissance et se renouvelle. Ainsi, de 2010 à 2015, 13 % des chercheurs du groupe ont cessé leurs activités (ont pris leur retraite ou ont démissionné). Malgré tout, de 224 chercheurs en 2010, le groupe en comptait 233 en 2015⁴. La communauté compte aussi des étudiants spécialisés en physique subatomique, qui sont en fait deux fois plus nombreux que les chercheurs attirés.

Cette expansion de la communauté de chercheurs a aussi été mentionnée par les participants dans le cadre des entretiens. Nombre d'entre eux ont souligné qu'elle a une incidence sur la demande d'installations, ce qui soulève le risque qu'à un certain point, TRIUMF ne soit plus en mesure de répondre aux besoins. La sursollicitation de certaines installations de TRIUMF semble confirmer cette constatation. Selon les données collectées par TRIUMF, les demandes pour obtenir du temps d'utilisation de ses installations ont considérablement dépassé les périodes disponibles (tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Les installations de TRIUMF sont constamment sursollicitées ou utilisées au maximum de leurs capacités

| Installation | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| SAP-RIB | Ratio du nombre de quarts demandés au nombre de quarts disponibles | 2,7 | 2,1 | 2,1 | 2,6 | 2,2 |
| MMS-MuSR | | 2,5 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,5 |
| MMS-RMN β | | 1,5 | 1,0 | 2,3 | 1,5 | 1,4 |
| Atelier | Temps utilisé | 115 % | 133 % | 116 % | 120 % | 99 % |
| Bureau de conception | | 89 % | 99 % | 98 % | 121 % | 115 % |
| Installation de détection | | 110 % | 110 % | 110 % | 110 % | 116 % |

Source : Données de TRIUMF

La sursollicitation des installations de TRIUMF limite l'accès des chercheurs à titre individuel. Selon le sondage mené auprès des utilisateurs de TRIUMF, la plupart des chercheurs sont actuellement satisfaits de l'accès qu'ils ont obtenu à ce jour, mais de nombreux participants aux entretiens craignent que la concurrence croissante pour obtenir du temps d'utilisation réduise le taux de satisfaction à l'avenir. L'achèvement du projet Advanced Rare Isotope Laboratory

³ SNOLAB est un laboratoire scientifique souterrain qui se spécialise en physique des neutrinos et de la matière noire. Le laboratoire se trouve à Sudbury (Ontario) au Canada. <https://www.snolab.ca/>(en anglais seulement)

⁴ Plan à long terme pour la physique subatomique au Canada 2017-2021. <http://www.subatomicphysics.ca/fr.html>

(ARIEL), prévu en 2023, devrait atténuer le problème en augmentant la capacité de TRIUMF⁵. Le CIEP a insisté lui aussi sur l'importance du projet ARIEL :

[TRADUCTION] « *La sursollicitation du temps d'utilisation des faisceaux limite le programme canadien et mondial de physique nucléaire et restreint probablement la participation internationale, qui demeure néanmoins saine. Cette situation met en évidence la nécessité de procéder à la mise à niveau de l'offre de faisceaux aux chercheurs. Ces améliorations figurent au nombre des principaux objectifs du plan stratégique 2020-2025.* » – Rapport du CIEP

3.2 Les chercheurs et étudiants universitaires ont besoin des grandes installations de TRIUMF

TRIUMF offre aux chercheurs et aux étudiants une grande installation possédant les capacités nécessaires à leurs recherches et auxquelles ils n'ont pas accès au sein de leur propre établissement. Les chercheurs trouvent aussi à TRIUMF du soutien. Certains participants aux entretiens ont par exemple mentionné que les universités misent sur les compétences qu'elles trouvent à TRIUMF (notamment les ressources en génie) et auxquelles elles n'auraient pas autrement accès. Le Comité international d'examen par les pairs (CIEP) souligne pour sa part que TRIUMF permet aux universités canadiennes de participer aux travaux de la communauté scientifique mondiale à un niveau nettement supérieur à ce qu'elles pourraient faire sans TRIUMF ou une installation équivalente.

Les universités reconnaissent les avantages de collaborer avec TRIUMF, et plusieurs d'entre elles cherchent à en tirer parti en devenant membres de TRIUMF. Depuis la dernière évaluation effectuée en 2013, 6 universités se sont jointes à TRIUMF en tant que membres à part entière (3) ou en tant que membres associés (3)⁶. En plus d'influer sur les orientations stratégiques de TRIUMF, les universités membres bénéficient d'un accès au réseau de compétences et de soutien du laboratoire. Le statut de membre offre aussi parfois des possibilités de nominations conjointes ou réciproques de professeurs⁷. Les données recueillies par TRIUMF montrent que le nombre de chercheurs et d'étudiants canadiens qui utilisent TRIUMF a augmenté de 60 % entre 2013 et 2016⁸. Par ailleurs, selon les résultats du sondage auprès des utilisateurs, l'utilisation répond aux besoins de la recherche.

La plupart des utilisateurs de TRIUMF conviennent que :

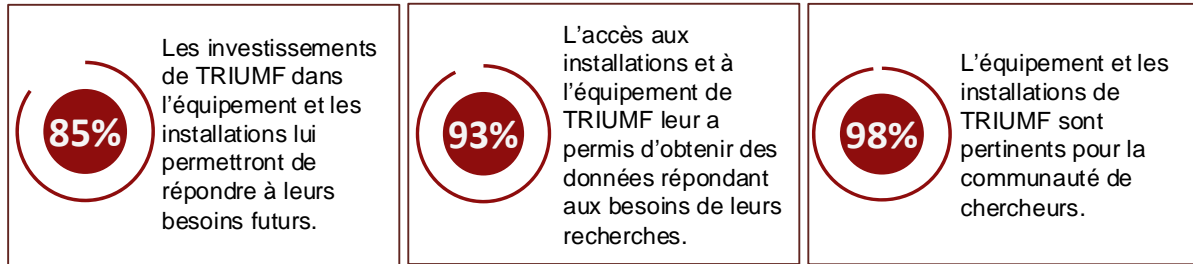
⁵ ARIEL est l'installation multidisciplinaire phare de TRIUMF. Lorsqu'elle sera entièrement fonctionnelle, elle accroîtra la capacité de recherche du Canada en physique des particules, en physique nucléaire, en médecine nucléaire et en science des matériaux, et elle doublera ou triplera la productivité annuelle actuelle de TRIUMF dans le domaine de la science des isotopes rares.

<https://www.triumf.ca/ariel> (en anglais seulement)

⁶ Site Web de TRIUMF.

⁷ *Ibid.*

⁸ Les chiffres de 2017 ont été omis à la suite d'un changement apporté au système de suivi, mis en œuvre en 2017, qui ne permet pas d'établir des comparaisons avec les années précédentes.



Source : Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

Dans l'ensemble, selon les données probantes recueillies dans le cadre de l'évaluation, les chercheurs et les étudiants ont besoin de TRIUMF pour mener leurs travaux, et ils utilisent de plus en plus les installations et l'équipement de TRIUMF.

3.3 Les besoins des chercheurs canadiens ne pourraient être satisfaits sans TRIUMF

Au Canada, un certain nombre de petites installations et d'instituts soutiennent les activités des chercheurs en physique subatomique. TRIUMF et SNOLAB sont les deux seules installations canadiennes de grande envergure où des expériences majeures peuvent être effectuées. Ces installations répondent à des besoins différents et sont considérées comme complémentaires. Ainsi, SNOLAB est l'une des plus grandes installations scientifiques souterraines du monde (à deux kilomètres de profondeur) et elle offre un environnement unique où les conditions de recherche sont idéales pour des expériences visant à détecter les événements rares en physique nucléaire et en physique des particules⁹. Le laboratoire TRIUMF offre quant à lui aux chercheurs en physique nucléaire, en astrophysique nucléaire et en physique des particules une infrastructure spécialisée. Ainsi, l'accélérateur de TRIUMF inclut des installations de production et de maintien de faisceaux primaires et utilise des méthodes qui lui permettent de sélectionner un faisceau secondaire pour synthétiser et livrer des isotopes de vie courte¹⁰. De plus, le séparateur et accélérateur d'isotopes de TRIUMF (ISAC) est le seul en Amérique du Nord à utiliser la technologie de séparation des isotopes en ligne (ISOL) et l'une des principales infrastructures de production de faisceaux d'isotopes rares (FIR) dans le monde. De plus, lorsque sa construction sera terminée, ARIEL deviendra un programme phare au Canada, offrant de nouvelles possibilités de production et donnant accès à de nouveaux isotopes¹¹. En outre, TRIUMF demeure le seul laboratoire en Amérique du Nord à utiliser des muons en physique de la matière condensée et il possède une capacité unique de résonance magnétique nucléaire à détection bêta (RMN β)¹². Le CIEP reconnaît que grâce à ses capacités, TRIUMF offre un cadre de recherche unique. Selon les membres du Comité, sans TRIUMF, les milieux

⁹ <http://www.subatomicphysics.ca/fr.html>

¹⁰ Plan à long terme pour la physique subatomique au Canada 2017-2021.
<http://www.subatomicphysics.ca/fr.html#tdm>

¹¹ Rapport du Comité consultatif de TRIUMF, 41^e réunion, Conseil national de recherches Canada (2017)

¹² Rapport du Comité consultatif de TRIUMF, 35^e réunion, Conseil national de recherches Canada (2014).

canadiens de la recherche devraient s'en remettre à des installations étrangères, ce qui pourrait compromettre la solidité de leurs assises.

Le sondage mené auprès des utilisateurs de TRIUMF confirme ces constatations. Les répondants ont souligné qu'il leur serait beaucoup plus difficile de combler leurs besoins en tant que chercheurs s'ils n'avaient pas accès à TRIUMF.

- Selon 54 % des utilisateurs, sans TRIUMF, ils n'auraient probablement pas eu accès aux installations et à l'équipement nécessaires pour répondre aux besoins de leurs recherches. Parmi ceux qui ont indiqué qu'ils auraient malgré tout eu un accès (35 %), la plupart (88 %) ont indiqué qu'ils auraient dû recourir à de l'équipement ou des installations étrangères.

3.4 TRIUMF respecte les priorités du gouvernement fédéral en sciences, en technologie et en innovation

En plus de répondre aux besoins de la communauté scientifique, TRIUMF contribue à la poursuite des priorités du gouvernement en sciences et technologie (S-T) qui ont initialement été exposées en détail dans un document de 2007 intitulé *Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada*. Ce document stratégique a été produit par Industrie Canada dans le but de mieux cibler les efforts du Canada pour accroître sa productivité et sa compétitivité. La version suivante de ce plan, élaborée en 2014, s'appuie sur la version originale, mais se concentre sur 3 piliers : le pilier « Humain », le pilier « Savoir » et le pilier « Innovation »¹³.

Lors de la dernière évaluation de TRIUMF, une bonne concordance entre les activités de TRIUMF et la stratégie de 2007 avait été constatée, particulièrement en ce qui concerne l'aspect humain et le savoir. On avait aussi constaté une concordance entre certaines activités de TRIUMF et ce qu'on appelait alors le pilier « entrepreneurial ». Grâce aux efforts de TRIUMF Innovations, les activités de TRIUMF concordent de plus en plus avec ce pilier « entrepreneurial » rebaptisé « Innovation » dans la stratégie de 2014. Le tableau 3.2 ci-dessous démontre la concordance entre les activités de TRIUMF et chacun des trois piliers de la stratégie de S-T de 2014.

Tableau 3.2 : Harmonisation entre les activités de TRIUMF et les piliers de la stratégie en S-T de 2014 du gouvernement du Canada

| Pilier | Démonstration de la concordance |
|--------|--|
| Humain | Ce pilier regroupe les activités de renforcement des compétences du Canada et de sa capacité de demeurer dans le peloton de tête en recherche et innovation, notamment les activités de promotion des sciences auprès des jeunes et l'aide aux chercheurs qui font des découvertes avant-gardistes. Il insiste aussi sur l'importance des réseaux internationaux, aussi bien sur le plan |

¹³ *Aller de l'avant dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'innovation 2014.*

| | |
|------------|---|
| | individuel que sur le plan organisationnel. Comme le présent rapport en témoigne, TRIUMF est très actif dans la formation de PHQ et contribue à stimuler l'intérêt pour la science chez les jeunes (notamment par un programme d'alternance travail-études et ses activités de rayonnement). TRIUMF facilite les découvertes scientifiques et est essentiel aux chercheurs canadiens qui participent à des projets de collaboration internationaux. |
| Savoir | La stratégie de 2014 insiste sur l'aide aux établissements d'enseignement afin qu'ils maintiennent leurs capacités scientifiques et de recherche. Comme nous l'avons déjà mentionné, les activités de TRIUMF concordent avec cette priorité. Le laboratoire met en effet à la disposition des chercheurs et étudiants universitaires l'équipement et les grandes installations dont ils ont besoin et qui ne se trouvent pas dans leur université. |
| Innovation | Ce pilier a en partie pour objet de combler le déficit en matière d'innovation qui entrave la commercialisation des résultats de la recherche. Dans le cas de TRIUMF, la responsabilité de ces activités a été confiée à TRIUMF Innovations. |

Source : Stratégie fédérale en sciences et en technologie, 2014

Il y a également concordance entre les activités de TRIUMF et le Plan pour l'innovation et les compétences du gouvernement, présenté dans le budget fédéral de 2017, qui aborde la question dans une perspective plus large¹⁴. Ce plan a pour objet de stimuler la croissance de l'économie en se concentrant sur « les gens et les compétences », « les investissements, les expansions et la croissance propre », « la simplification des programmes » et « la recherche, la technologie et la commercialisation »¹⁵. Les activités de TRIUMF sont particulièrement bien harmonisées avec ce dernier volet du document.

L'orientation et l'engagement du gouvernement ne montrent à ce jour aucune défaillance. Les sciences, la technologie et l'innovation demeurent prioritaires. Le budget de 2018 affecte des fonds à des activités qui concordent avec la vision de TRIUMF consistant à faire du Canada un chef de file dans les sciences, la découverte et l'innovation, à améliorer la qualité de vie et à édifier un monde meilleur. Ainsi :

- Plus de 1,7 milliard de dollars sur cinq ans ont été octroyés afin de venir en aide aux chercheurs canadiens de la prochaine génération.
- Plus de 1,3 milliard de dollars sur cinq ans seront investis dans les laboratoires, l'équipement et l'infrastructure.
- Des fonds additionnels ont été attribués à la FCI, dont 160 millions de dollars réservés à l'augmentation de l'aide aux grandes installations de recherche nationales du Canada.

Dans le cas précis de TRIUMF, le laboratoire reçoit tous les 5 ans des fonds de fonctionnement en vertu d'un accord de contribution avec le CNRC. Ces crédits représentent un investissement

¹⁴ Budget de 2017. https://www.budget.gc.ca/2017/docs/themes/Innovation_fr.pdf, site consulté le 30 janvier 2019.

¹⁵ Innovation, Sciences et Développement économique Canada. https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/fra/h_00083.html, site consulté le 30 janvier 2019.

appréciable du gouvernement fédéral dans la poursuite de ses objectifs en sciences et en technologie. Le CNRC tire lui aussi parti de TRIUMF et de ses activités, car le laboratoire l'aide à s'acquitter d'une de ses responsabilités fondamentales, en l'occurrence celle intitulée « science et innovation », et plus particulièrement à obtenir deux des résultats escomptés : « l'avancement des connaissances scientifiques et technologiques » et « la croissance des entreprises novatrices »¹⁶.

Le soutien du gouvernement fédéral est important pour les installations de recherche. Des participants aux entretiens ont notamment mentionné que l'aide fédérale est essentielle à l'existence d'installations comme TRIUMF, en partie parce que cette aide assure leur stabilité financière et en partie parce qu'elle favorise l'établissement de liens avec les ministères fédéraux (p. ex., Santé Canada). Même si la mission de TRIUMF n'émane pas comme telle du gouvernement fédéral, des participants aux entretiens ont insisté sur le fait que TRIUMF se perçoit lui-même comme un laboratoire national et qu'il travaille dans l'intérêt supérieur du pays (comme l'a confirmé la crise des isotopes). Le laboratoire maintient cependant la marge de manœuvre nécessaire pour continuer d'agir en fonction de sa propre vision. Vu l'importance du rôle de TRIUMF dans la recherche en physique subatomique au Canada, certains participants aux entretiens, de même que le CIEP, ont fait valoir que les intérêts du laboratoire devraient être mieux défendus.

Le CIEP propose donc la nomination au sein du gouvernement du Canada et le soutien d'un défenseur de TRIUMF qui aura à cœur le succès du laboratoire et qui se fera le champion de la satisfaction de ses besoins et de son bien-être. Certains participants aux entretiens ont proposé que ce rôle soit confié au CNRC. Le mandat du CNRC en ce qui concerne TRIUMF consiste à assurer une gérance efficace des fonds fédéraux versés à TRIUMF en vertu de l'accord de contribution. La promotion et la défense des intérêts du laboratoire ne font pas partie de ce rôle.

La nécessité de renforcer la gérance de l'écosystème de recherche fédéral en général est reconnue dans l'Examen du soutien fédéral aux sciences de 2017, d'où la recommandation de créer un conseil consultatif national indépendant en recherche et en innovation (CCNRI). Ce conseil assurerait une supervision globale des fonds de recherche, formulerait des conseils à cet égard et favoriserait la coordination¹⁷. On ne sait trop pour l'instant si le CCNRI pourrait accomplir son mandat et jouer simultanément ce rôle de défenseur des intérêts de TRIUMF qui est souhaité.

3.5 Le CNRC joue de manière appropriée son rôle de supervision de TRIUMF

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le rôle du CNRC en ce qui concerne TRIUMF consiste à administrer le financement fédéral reçu en vertu de l'accord de contribution conclu. Le CNRC prodigue des conseils à TRIUMF, supervise l'utilisation des fonds et veille à la reddition de comptes, mais n'intervient pas directement dans la gestion de ses activités et n'a

¹⁶ Conseil national de recherches Canada, *Plan ministériel 2018-2019*

¹⁷ *Investir dans l'avenir du Canada. Consolider les bases de la recherche au pays. L'examen du soutien fédéral aux sciences* (2017).

pas pour mission de défendre ses intérêts. L'évaluation s'est penchée sur le caractère approprié du rôle joué par le CNRC, dans le cadre des entretiens avec des informateurs clés.

La plupart des participants à ces entretiens ont reconnu que la participation du gouvernement fédéral, telle que celle offerte par le CNRC, est indispensable à l'existence d'un laboratoire comme TRIUMF. Cette aide fédérale confère à TRIUMF un statut auquel un laboratoire provincial ou privé ne peut aspirer, lui donne accès au financement nécessaire (ce qui crée de la stabilité) et ouvre la porte à des liens privilégiés avec les autres ministères fédéraux. Les participants aux entretiens estiment par ailleurs que la participation fédérale facilite la collaboration dans l'ensemble du pays.

Dans une certaine mesure, le rôle joué par le CNRC semble méconnu, particulièrement chez les partenaires universitaires de TRIUMF. Toutefois, d'autres informateurs clés en mesure de formuler des commentaires sur le rôle de supervision du CNRC conviennent que ce dernier s'en acquitte de manière appropriée et qu'aucune autre partie ne serait actuellement en mesure de mieux jouer ce rôle. Certains informateurs clés ont souligné que grâce à ses compétences dans la gestion d'une grande organisation scientifique, le CNRC est bien placé pour offrir cette supervision.

4 TRIUMF contribue de manière importante à la science et génère des retombées économiques et sociales

Plusieurs aspects du rendement de TRIUMF ont été étudiés dans le cadre de l'évaluation. On s'est notamment intéressé au rôle du laboratoire dans les succès du Canada dans les disciplines connexes aux activités de TRIUMF, à ses propres contributions dans ces disciplines, à l'aide qu'il apporte aux chercheurs et aux universités ainsi qu'aux retombées économiques et sociales qu'il génère au Canada. L'évaluation a permis de constater que TRIUMF joue un rôle déterminant dans la position actuelle du Canada sur la scène mondiale, en partie grâce aux installations qu'il met à la disposition des chercheurs et où ceux-ci effectuent des recherches importantes et participent à des projets de collaboration internationaux. TRIUMF a aussi contribué à asseoir la réputation enviable du Canada grâce à ses réussites scientifiques, notamment ses contributions à des travaux aussi importants que la découverte du boson de Higgs au CERN et l'élucidation des propriétés des neutrinos grâce à l'expérience T2K effectuée au Japon. La contribution scientifique de TRIUMF comprend aussi la formation de PHQ dans ses installations, sans compter les PHQ de l'étranger que son existence attire au Canada. Finalement, les activités courantes de TRIUMF et celles de TRIUMF Innovations génèrent des retombées économiques importantes au Canada.

4.1 TRIUMF appuie le rendement et la réputation du Canada dans les domaines scientifiques connexes à ses activités

Au fil des ans, les travaux effectués par les chercheurs canadiens ont permis au Canada d'acquérir une réputation internationale enviable. Tous les participants aux entretiens ont souligné que le Canada est très bien perçu dans le monde entier pour son rôle dans les disciplines connexes aux activités de TRIUMF. Ce constat se dégage aussi des résultats du

sondage mené auprès des utilisateurs de TRIUMF. Les répondants au sondage ont en effet indiqué que la réputation internationale du Canada dans les disciplines connexes aux activités de TRIUMF était surtout de « classe mondiale » ou « au-dessus de la moyenne » (tableau 4.1).

Tableau 4.1 : La plupart des répondants au sondage ont qualifié la réputation internationale du Canada comme étant de « classe mondiale » ou « au-dessus de la moyenne » dans les disciplines connexes aux activités de TRIUMF

| | Classe mondiale | Au-dessus de la moyenne | Moyenne | Sous la moyenne |
|---|-----------------|-------------------------|---------|-----------------|
| Physique des particules (n=103) | 40 % | 47 % | 14 % | 0 % |
| Physique nucléaire (n=136) | 57 % | 38 % | 4 % | 0 % |
| Médecine nucléaire (n=84) | 54 % | 42 % | 5 % | 0 % |
| Physique des accélérateurs (n=104) | 44 % | 47 % | 7 % | 2 % |
| Science des matériaux (n=81) | 51 % | 38 % | 11 % | 0 % |

Source : Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

Note : Les réponses « Ne sait pas » ont été exclues de l'analyse.

TRIUMF contribue également à la réputation internationale du Canada par ses activités de rayonnement et ses projets de collaboration, ainsi que grâce aux installations qu'il met à la disposition des chercheurs. La plupart des répondants au sondage ont souligné que TRIUMF contribuait « extrêmement » ou « beaucoup » à la réputation du Canada (tableau 4.2).

Tableau 4.2 : La plupart des répondants au sondage ont indiqué que TRIUMF contribuait « extrêmement » ou « beaucoup » à la réputation du Canada dans les disciplines connexes à ses activités

| | Extrêmement | Beaucoup | Modérément | Un peu | Pas du tout |
|---|-------------|----------|------------|--------|-------------|
| Physique des particules (n=112) | 44 % | 44 % | 8 % | 4 % | 0 % |
| Physique nucléaire (n=143) | 71 % | 26 % | 2 % | 1 % | 0 % |
| Médecine nucléaire (n=90) | 51 % | 41 % | 4 % | 3 % | 0 % |
| Physique des accélérateurs (n=105) | 56 % | 37 % | 7 % | 0 % | 0 % |
| Science des matériaux (n=89) | 40 % | 40 % | 12 % | 7 % | 0 % |

Source : Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

Note : Les réponses « Ne sait pas » ont été exclues de l'analyse.

Les articles publiés sont un autre indicateur de la réputation et du rendement du Canada dans les disciplines connexes aux activités de TRIUMF. Selon l'étude bibliométrique, qui couvre la période de 2001 à 2016, le rendement du Canada est relativement bon. Notre pays se situe parmi le groupe de tête de 20 pays en ce qui concerne la publication d'articles et les citations de ces mêmes articles dans chacune des disciplines connexes aux activités de TRIUMF. Les articles sont publiés dans des revues à large diffusion et sont souvent cités (tableau 4.3).

Tableau 4.3 : Production et retombées scientifiques (de 2001 à 2016) : le Canada est bien classé

| Discipline | Production scientifique | Classement de la production scientifique* | Retombées scientifiques (MCR) | Qualité de la recherche (FIRM) | Classement CDI (facteur d'impact des citations)* |
|-------------------------------------|-------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|--|
| Physique des particules | 14 298 | 12 ^e | 1,8 | 1,3 | 2 ^e |
| Physique nucléaire | 5 707 | 13 ^e | 2,0 | 1,3 | 5 ^e |
| Physique des accélérateurs | 2 943 | 13 ^e | 2,7 | 1,3 | 4 ^e |
| Science des matériaux ¹⁸ | 888 | 8 ^e | 1,0 | 1,1 | 12 ^e |
| Médecine nucléaire | 6 168 | 8 ^e | 1,5 | 1,3 | 3 ^e |

Source : Science-Metrix, *Analyse bibliométrique sur le rendement de la recherche de TRIUMF 2001-2016*. Rapport analytique (2018)

* Le classement est fondé sur les 20 pays ayant le plus de publications et dont les articles sont les plus cités, dans chaque discipline.

4.2 TRIUMF contribue à des recherches et à des découvertes importantes

Le CIEP en est venu à la conclusion que TRIUMF déploie des efforts de calibre mondial dans toutes les disciplines où le laboratoire effectue de la recherche. Le Comité constate que certains de ces efforts sont uniques ou hautement inhabituels, tandis que d'autres placent le Canada en position de jouer un rôle appréciable dans d'importants projets de collaboration internationaux. On trouvera dans l'encadré ci-dessous des exemples donnés par le CIEP de la contribution de TRIUMF à l'excellence scientifique dans chaque domaine de recherche.

Physique des particules

TRIUMF joue un rôle prépondérant dans le projet ATLAS mené en collaboration avec le CERN. Cette expérience largement reconnue comme étant de calibre mondial a généré la publication de nombreux articles scientifiques. Le projet ATLAS a mené à la découverte du boson de Higgs dont il avait été question lorsque Englert et Higgs ont reçu leur prix Nobel en 2013. Les chercheurs de TRIUMF ont participé à la découverte du boson de Higgs et continuent d'étudier ses propriétés. Le laboratoire apporte une contribution significative aux mises à niveau du détecteur ATLAS qui permettra de mesurer avec précision les propriétés du boson de Higgs à des luminosités supérieures. Ces mises à niveau sont effectuées en partenariat avec des chercheurs d'universités canadiennes qui s'appuient à cet effet sur l'infrastructure et les compétences clés de TRIUMF.

¹⁸ Aux fins de cette étude bibliométrique, l'expression « science des matériaux » s'entend uniquement des sous-sujets sur lesquels TRIUMF se concentre, comme les matériaux à fermions lourds et autres matériaux exotiques et leurs propriétés. Les données utilisées aux fins de l'étude se sont limitées à celles issues de publications qui correspondaient aux disciplines dans lesquelles TRIUMF concentre ses activités et par conséquent, les résultats ne doivent pas faire l'objet d'extrapolations susceptibles de s'appliquer à la science des matériaux au sens large.

Des scientifiques de TRIUMF ont joué un rôle essentiel au sein de l'équipe créée pour mener l'expérience T2K¹⁹ qui a permis d'observer les oscillations des neutrinos. Cette équipe s'efforce maintenant de caractériser ces oscillations. Ces chercheurs de TRIUMF ont joué en 2017 un rôle déterminant dans l'observation de la transformation de saveur $\nu\mu \rightarrow \nu e$ et dans l'exclusion de la phase de conservation de la symétrie CP avec un niveau de confiance de 95 %. Les équipes qui ont collaboré à l'expérience T2K ont reçu le prix Breakthrough de physique fondamentale en 2016.

TRIUMF apporte une contribution appréciable aux expériences de mesures de haute précision des interactions fondamentales. L'expérience ALPHA²⁰ a permis la production, le piégeage et la mesure par des méthodes spectroscopiques de haute précision de l'antimatière, un des faits saillants de ce programme de recherche. Les étapes à venir du programme, en l'occurrence ALPHA-2 et ALPHA-g, viseront à trouver des preuves de la violation de symétrie CPT et testeront les limites du principe d'équivalence d'Einstein. L'équipe ALPHA-Canada a reçu en 2013 le prix Polanyi.

Physique nucléaire

Grâce à son complexe d'accélérateurs, TRIUMF possède des capacités particulièrement solides en physique nucléaire. Le cyclotron de 520 MeV constitue une base exceptionnelle pour une installation de production de faisceaux d'isotopes rares à haut rendement ISOL. En Amérique du Nord, ce cyclotron joue un rôle complémentaire à celui de l'installation de production de faisceaux d'isotopes rares (FRIB) dont les activités sont concentrées dans la fragmentation. À l'échelle mondiale et dans sa catégorie de puissance énergétique, l'ISOL de TRIUMF est la meilleure installation du monde.

À l'accélérateur s'ajoute une série d'environ dix instruments de calibre mondial qui permettent d'adopter une large approche frontale dans les efforts déployés pour comprendre l'origine des éléments lourds et explorer la structure nucléaire. La reprise du modèle utilisé par TRIUMF dans plusieurs autres installations, dont le FRIB/National Superconducting Cyclotron Laboratory (NSCL), témoigne de l'excellence de ces instruments.

L'étude de l'origine des éléments lourds est fondamentale à la compréhension de notre propre existence, et il s'agit d'un domaine d'étude très vaste. Les réussites des scientifiques de TRIUMF dans l'étude de la migration des « nombres magiques » des noyaux riches en neutrons sont particulièrement remarquables. Certaines des mesures initiales effectuées dans le cadre d'une expérience menée par TRIUMF ont donné l'indice de l'existence d'un problème et un calcul *ab initio* par le groupe de théoriciens a reproduit les mesures. D'autres mesures clés de plusieurs noyaux ont suivi à TRIUMF et ailleurs, et le groupe de théoriciens de TRIUMF a continué ses travaux en vue de mieux comprendre cette caractéristique fondamentale de la physique nucléaire.

Médecine nucléaire

Cette division nourrit d'ambitieux objectifs et ses sujets de recherche sont larges. Ils couvrent la synthèse et l'isolement d'isotopes rares utilisés dans des traitements contre le cancer

¹⁹ T2K est une expérience fondée sur les neutrinos qui a eu lieu au Japon et qui a été conçue pour tenter de comprendre le mode de conversion des neutrinos d'une saveur à une autre pendant leurs déplacements (oscillations des neutrinos). <http://t2k-experiment.org/> (en anglais seulement)

²⁰ ALPHA est un projet issu d'une collaboration internationale parrainée par le CERN et portant sur l'étude des atomes d'antihydrogène. En comparant l'hydrogène et l'antihydrogène, les scientifiques espèrent comprendre les symétries fondamentales entre matière et antimatière. Site Web de TRIUMF.

(p. ex., Ac-225), la production d'isotopes actuellement essentiels en médecine nucléaire (Tc- 99m), les technologies d'étiquetage des sondes moléculaires, la commercialisation de radionucléides et de produits radiopharmaceutiques, et une étroite collaboration avec plusieurs organisations dont, notamment, le BC Cancer Center, UBC et d'autres. Le développement de technologies ciblées, l'étude des processus biochimiques liés aux technologies de résonance magnétique nucléaire bêta et la contribution aux protonthérapies complètent les sujets d'intérêt mettant l'accent sur l'imagerie moléculaire. L'obtention des fonds nécessaires à la création de l'IAMI permettra de rassembler tout ce savoir-faire dans une même installation centrale forte. Compte tenu du caractère restreint de l'équipe de cette division, la quantité et la qualité de sa production sont remarquables, comme en témoignent les revenus générés et le nombre d'articles publiés.

Physique des accélérateurs

Avec ses quatre lignes de faisceaux d'extraction, le cyclotron de 520 MeV est unique. Il possède une excellente capacité d'accélération des faisceaux de protons à haute intensité de plus de 100 microampères par ligne de faisceau. Le rendement de ce cyclotron a été encore amélioré au cours des cinq dernières années grâce à l'ajout d'un nouveau système d'alimentation électrique de l'aimant principal et à l'amélioration de l'infrastructure, notamment la source d'ions H⁺.

Il est largement reconnu que la technologie de ciblage à haute puissance mise au point par TRIUMF est la meilleure à l'échelle mondiale et constitue la technologie de base de la production de différentes particules secondaires comme les isotopes rares et les muons. La mise en œuvre de la technologie consistant à « tramer » (« *rastering* ») le faisceau de protons sur une cible ISAC a amélioré le rendement du faisceau d'isotopes rares et accru la durée de vie de la cible. De nouvelles techniques développées récemment dans les matériaux de fabrication des cibles permettent de raccourcir le temps de production et d'augmenter l'efficacité de l'extraction.

La recherche fondamentale sur les technologies de radiofréquences supraconductrices (SRF) a accompli des progrès considérables. Un groupe de chercheurs a notamment réussi à mesurer le champ au point d'entrée du flux sur une surface de niobium (Nb) et à créer de nouveaux revêtements au moyen de la technique μ SR (rotation du spin du muon). Ces progrès ont été rendus possibles grâce à l'accessibilité des lignes de faisceaux pour mener des expériences dans le domaine de la science des matériaux et à la collaboration avec TRIUMF. Le laboratoire a aussi inventé le premier résonateur ballon à rayon unique atténuant l'effet d'avalanche à impacts successifs (*balloon single spoke resonator for reduced multipacting*). Une nouvelle méthode de fabrication du résonateur en niobium en vrac par usinage et soudage à l'électrode de tungstène gaz inerte (TIG) aura des retombées spectaculaires sur la production de masse de cavités SRF, et ce, à un moindre coût.

Science des matériaux

Grâce à ses installations uniques de μ SR et de résonance magnétique nucléaire bêta (RMN β), TRIUMF dispose des outils nécessaires à d'importantes percées scientifiques. On recense notamment très peu d'installations de μ SR dans le monde. Parmi celles qui sont plus ou moins comparables, mentionnons l'Institut Paul Scherrer (IPS) en Suisse ou le complexe de recherche sur les accélérateurs de protons du Japon (J-PARC). Cette dernière installation est cependant différente sur le plan technique, car elle utilise un faisceau à impulsion tandis que celui de TRIUMF est continu.

Grâce à ses succès récents, notamment la compréhension de la structure et de la fonction d'un important nouveau catalyseur de la synthèse de l'ammoniac, ce groupe peut envisager l'avenir avec confiance. Cette découverte pourrait avoir des débouchés en agriculture, car elle est susceptible d'accroître la capacité d'approvisionner efficacement en engrais les agriculteurs, surtout dans les pays en développement. Elle ouvre en effet la porte à un nouveau mode de production plus simple et plus efficace sur le plan énergétique, car elle pourrait permettre la synthèse à des températures inférieures d'un catalyseur crucial requis pour littéralement contribuer à lutte contre la faim dans le monde.

Les matériaux quantiques sont aussi un sujet d'intérêt pour TRIUMF. Nous songeons plus particulièrement à l'étude d'une nouvelle classe de matériaux aux propriétés topologiques protégées. Ces travaux portent notamment sur les isolateurs topologiques, les skyrmions magnétiques, les supraconducteurs topologiques et les fermions de Majorana qui sont leurs propres antiparticules, ainsi que sur les semi-métaux de Weyl et leur fascinante excitation à faible énergie. Ces études ont ceci de particulièrement intéressant qu'elles recourent plusieurs disciplines disparates de la physique. Par exemple, les fermions de Weyl chiraux de masse nulle jouent un rôle important dans la théorie quantique des champs et dans le modèle standard. Weyl a publié ses théories en 1929 et elles ont ensuite servi de base aux travaux de Dirac, mais ce n'est que tout récemment que la communauté des chercheurs s'intéressant à la matière condensée et à la physique des matériaux a été en mesure d'apporter une contribution en ce domaine.

Une étude bibliométrique donne également des preuves de la contribution de TRIUMF à la science. Malgré sa taille relativement restreinte comparativement à d'autres grands laboratoires internationaux, TRIUMF publie en nombre concurrentiel des articles qui ont de l'impact²¹ (tableau 4.4).

- En physique des particules, TRIUMF a participé à 15 % de tous les articles publiés par des Canadiens et figurait au nombre des principaux acteurs du réseau d'établissements canadiens puisqu'il a collaboré avec tous sauf trois entre 2009 et 2016.
- En physique nucléaire, TRIUMF était le seul établissement canadien parmi les 50 premiers au chapitre de la production scientifique. Son facteur d'impact est supérieur à la moyenne mondiale et à la moyenne canadienne, sans toutefois le placer parmi les meilleurs au Canada, probablement à cause de la forte proportion de publications dans des comptes rendus de conférences, qui sont des documents moins souvent cités que les articles.
- En physique des accélérateurs, la proportion de publications de TRIUMF dans les comptes rendus de conférences (41 %) figurait parmi les plus élevées de toutes les institutions canadiennes. Une analyse comparative du profil de citation de TRIUMF avec les meilleures institutions du monde qui publient révèle que le facteur d'impact des citations de TRIUMF est comparable à celui des autres laboratoires nationaux ou des universités à forte production.

²¹ Science-Metrix, *Analyse bibliométrique sur le rendement de la recherche de TRIUMF 2001-2016*. Rapport analytique (2018)

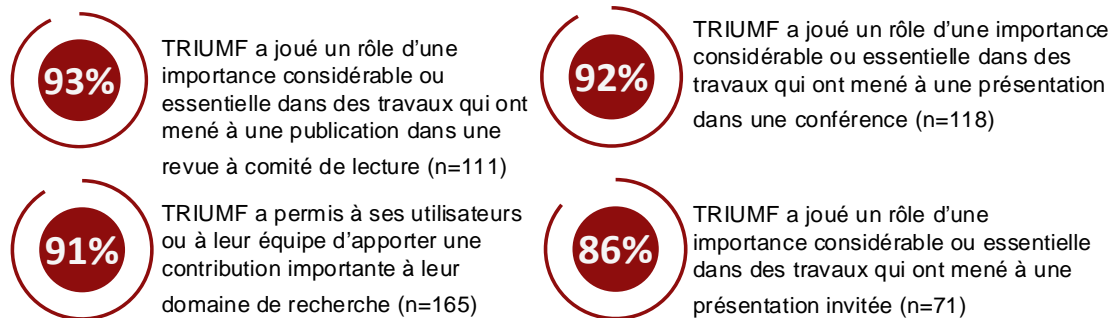
- En science des matériaux, TRIUMF est l'établissement canadien ayant la plus forte production de publications. Il a collaboré à plus de 55 % de toutes les publications canadiennes dans ce domaine. Malgré une moyenne de citations relatives (MCR) inférieure à celle obtenue dans d'autres disciplines, l'impact global de TRIUMF en science des matériaux est comparable à ce qui se fait ailleurs dans le monde.
- En médecine nucléaire, TRIUMF est au nombre des établissements ayant le taux de collaboration internationale le plus élevé. Il a participé à certaines publications très fréquemment citées, dont certaines appartiennent au 1 % des publications les plus citées dans le monde.

Tableau 4.4 : Malgré la taille relativement petite de TRIUMF par rapport à d'autres laboratoires internationaux, ses publications ont de l'impact (de 2001 à 2016)

| Discipline | Production scientifique | Impact scientifique (MCR) | Qualité de la recherche (FIRM) |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Physique des particules | 2 210 | 2,5 | 1,4 |
| Physique nucléaire | 1 753 | 2,3 | 1,3 |
| Physique des accélérateurs | 840 | 3,4 | 1,3 |
| Science des matériaux ²² | 480 | 0,8 | 1,0 |
| Médecine nucléaire | 332 | 1,9 | 1,3 |

Source : Science-Metrix, *Analyse bibliométrique sur le rendement de la recherche de TRIUMF 2001-2016*. Rapport analytique (2018)

TRIUMF stimule aussi l'excellence parmi ses utilisateurs. Selon le sondage auprès de ses utilisateurs, TRIUMF contribue fortement à l'avancement de la science pour les raisons suivantes :



Source : Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

4.3 TRIUMF facilite la collaboration au Canada et à l'échelle internationale

TRIUMF a participé à des projets de collaboration internationaux qui ont mené à des découvertes importantes. Sa participation à des projets aussi importants est possible en partie grâce à son infrastructure et à ses capacités uniques. TRIUMF possède en effet les capacités requises pour collaborer à un large éventail de projets au Canada et ailleurs dans le monde. Ainsi, TRIUMF a participé à 86 % des projets de recherche en physique subatomique expérimentale au Canada²³. Autre signe de l'importance de sa participation et du soutien qu'il a apporté ces cinq dernières années, TRIUMF a été partie prenante à des projets qui ont reçu

²² Aux fins de cette étude bibliométrique, l'expression « science des matériaux » s'entend uniquement des sous-sujets sur lesquels TRIUMF se concentre, comme les matériaux à fermions lourds et autres matériaux exotiques et leurs propriétés. Les données utilisées aux fins de l'étude se sont limitées à celles issues de publications qui correspondaient aux disciplines dans lesquelles TRIUMF concentre ses activités et par conséquent, les résultats ne doivent pas faire l'objet d'extrapolations susceptibles de s'appliquer à la science des matériaux au sens large.

²³ TRIUMF, État de TRIUMF (2017)

ensemble 77 % (en moyenne) du financement accordé par le CRSNG en physique subatomique.

La valeur des subventions versées par la FCI à des projets réalisés avec la participation de TRIUMF dénote aussi la prépondérance du laboratoire dans les recherches en physique au Canada. La FCI finance les établissements capables de fournir aux chercheurs les infrastructures nécessaires à leurs expériences. Comme TRIUMF n'est pas admissible en tant que tel, le laboratoire s'associe à d'autres établissements pour participer aux concours donnant accès à ce financement et construire les infrastructures nécessaires. Pour les établissements, une association avec TRIUMF est importante, parce que le laboratoire possède les compétences et l'espace physique nécessaires à la création des infrastructures requises et qu'ils profitent ainsi des infrastructures existantes de TRIUMF. Pendant la période visée par l'évaluation, la FCI a tenu deux concours de financement. Au total, des projets associés à TRIUMF ont respectivement obtenu 15 % et 12 % du financement total accordé, soit environ 81 millions de dollars répartis dans sept projets différents.

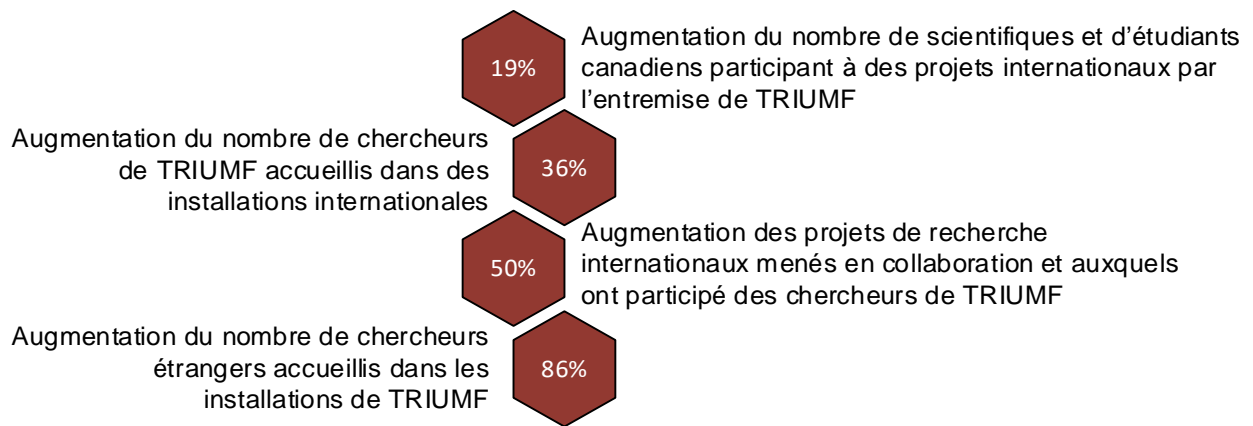
Outre la collaboration au Canada, TRIUMF a été un intermédiaire efficace entre les chercheurs canadiens et ceux du reste du monde. L'évaluation a en effet permis de constater que TRIUMF joue un rôle de facilitateur pour la création de liens entre chercheurs canadiens et chercheurs étrangers. Par exemple, l'examen des documents a confirmé que TRIUMF est considéré comme le principal point de contact par les partenaires internationaux qui souhaitent collaborer avec le Canada, dont le CERN (Europe) et le KEK (Japon)²⁴. De plus, le CIEP a noté que TRIUMF fait désormais partie de l'image de marque du Canada, non seulement dans le domaine de la physique nucléaire, de la physique des particules et des technologies d'accélérateurs, mais aussi dans le domaine des sciences physiques, des sciences biologiques et des sciences de la vie. Le Comité a constaté que TRIUMF avait joué un rôle indispensable dans la création de liens entre les scientifiques canadiens et ceux du monde entier dans leurs disciplines respectives. Des participants aux entretiens ont fait remarquer que grâce aux relations ainsi tissées, des chercheurs canadiens avaient été invités à participer à des projets de collaboration internationaux et à des expériences d'envergure mondiale. La figure 4.5 ci-dessous donne une indication de l'augmentation du nombre de collaborations attribuables à TRIUMF au cours de la période visée par l'évaluation.

Selon 95 % des répondants, TRIUMF est un carrefour scientifique international.

-Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

²⁴ TRIUMF, *Five-Year Plan 2015–2020 : Realizing the Vision*, 2013.

Figure 4.5 : Le nombre de collaborations avec TRIUMF a augmenté au cours de la période visée par l'évaluation



Source : Données de TRIUMF

Voici quelques exemples relevés par le CIEP de liens créés par TRIUMF entre des chercheurs canadiens et des chercheurs étrangers :

| | |
|-----------------------------------|---|
| Physique des particules | <p>Grâce à TRIUMF, des chercheurs canadiens participent au projet international ATLAS du CERN. La contribution canadienne, en l'occurrence un détecteur (y compris les mises à niveau), le centre de traitement de données du premier échelon et des accélérateurs, est à la base de la participation canadienne. Sans TRIUMF, ces contributions seraient impossibles.</p> <p>Le Japon s'est associé au laboratoire pour construire une source de neutrons ultrafroids de la prochaine génération, de calibre mondial, dans les installations de TRIUMF.</p> <p>Le groupe de théoriciens organise des ateliers et des conférences d'envergure internationale qui attirent des scientifiques de partout dans le monde.</p> |
| Physique nucléaire | <p>Grâce à l'excellence de l'installation ISOL de TRIUMF, il a été possible de réunir une équipe solide de professeurs à TRIUMF. Ceux-ci participent à des projets menés en collaboration avec des laboratoires japonais, finlandais, et d'ailleurs dans le monde.</p> |
| Médecine nucléaire | <p>Les groupes de recherche participent à des projets de collaboration internationaux, notamment en RMNβ, liés à la production de sondes moléculaires, etc.</p> <p>L'IAMI stimulera par ailleurs à maints égards la collaboration internationale et la demande d'accès.</p> |
| Physique des accélérateurs | <p>Récemment, le concept des cavités supraconductrices à radiofréquences (SRF) a été exporté dans plusieurs installations comportant des accélérateurs, notamment le CERN, le Variable Energy Cyclotron Centre (VECC) en Inde et le Rare Isotope Science Project (RISP) en Corée.</p> <p>Les diagnostics de faisceau du projet Advanced Proton Driven Plasma Wakefield Acceleration Experiment (AWAKE) ont aussi été mis en service avec succès. TRIUMF contribue donc à des projets internationaux en leur fournissant des composantes essentielles et en mettant à contribution son savoir-faire unique, ce qui rehausse le profil international du Canada.</p> |
| Science des matériaux | <p>Les spécialistes de la science des matériaux de TRIUMF contribuent à la caractérisation de matériaux avancés utilisés dans la fabrication des piles Li-ion. Celles-ci suscitent un intérêt considérable dans le domaine des dispositifs de stockage de l'énergie qui sont essentiels à l'exploitation des sources d'énergie de substitution.</p> |

Source : Rapport du CIEP de 2018

L'étude bibliométrique de 2018 démontre aussi que TRIUMF utilise la rédaction conjointe de publications pour créer des liens entre chercheurs canadiens et chercheurs étrangers. Le taux de rédaction conjointe de publications par des chercheurs canadiens et étrangers associés à TRIUMF est supérieur à la moyenne mondiale dans les cinq disciplines scientifiques susmentionnées. L'étude bibliométrique souligne que cette collaboration découle du besoin d'infrastructure. Il s'ensuit que les chercheurs des pays qui disposent d'une masse critique (p. ex., les États-Unis) ou des infrastructures et des installations requises (p. ex., le Japon) sont moins portés à collaborer que ceux des autres pays. TRIUMF profite de cette situation. Grâce à son statut et à ses capacités uniques, TRIUMF attire la collaboration. Au-delà des raisons pratiques qui incitent à la collaboration, certains des participants aux entretiens ont indiqué que la collaboration internationale est essentielle à l'avancement des sciences et que le partage du savoir et des idées est indispensable au progrès scientifique. TRIUMF et les chercheurs canadiens jouent donc un rôle important dans l'avancement de la science en étant partie prenante à la rédaction conjointe de nombreuses publications (tableau 4.6).

Tableau 4.6 : Le taux de rédaction conjointe internationale de TRIUMF est supérieur au taux canadien et au taux mondial

| | TRIUMF | Canada | Mondial |
|---------------------------|--------|--------|---------|
| Physique nucléaire | 89 % | 76 % | 65 % |
| Physique des particules | 89 % | 72 % | 65 % |
| Science des matériaux | 80 % | 78 % | 65 % |
| Médecine nucléaire | 50 % | 48 % | 39 % |
| Science des accélérateurs | 68 % | 66 % | 56 % |

Source : Étude bibliométrique de Science-Metrix (période de 2001 à 2016), 2018

4.4 TRIUMF favorise la formation de personnes hautement qualifiées

Selon l'évaluation, TRIUMF a fait une priorité de la formation de PHQ, une initiative qui connaît du succès. Ainsi, TRIUMF offre de nombreuses possibilités de formation à des étudiants : programmes d'alternance travail-études, programme Isotopes for Science and Medicine financé par le programme FONCER du CRSNG, et autres activités comme l'organisation de conférences et de séminaires à l'intention des étudiants.

Les étudiants affiliés à TRIUMF tirent parti des importantes installations mises à leur disposition par le laboratoire. De 2013-2014 à 2017-2018, la totalité du temps d'utilisation des faisceaux d'isotopes rares de physique subatomique (SAP-RIB) et la quasi-totalité du temps d'utilisation du dispositif de résonance magnétique nucléaire bêta (MMS-RMN β) ont été attribuées à des expériences auxquelles ont participé des étudiants et des boursiers postdoctoraux canadiens. Il a déjà été question précédemment de la nécessité d'installations comme celles de TRIUMF. On peut penser que ce besoin est probablement plus vif dans le cas des étudiants canadiens, qui ont peu accès aux installations étrangères en raison des coûts et

Pendant la période d'évaluation, 138 étudiants ont obtenu leur diplôme sous la supervision de TRIUMF ou se sont appuyés sur des données de TRIUMF pour rédiger leur thèse.

- Données de TRIUMF

d'autres problèmes. Un peu moins de la moitié (43 %) des répondants au sondage qui étaient des étudiants (premier cycle, deuxième ou troisième cycle et boursiers postdoctoraux) ont indiqué qu'en l'absence de TRIUMF, les probabilités qu'ils aient accès à des installations similaires seraient faibles. Le CIEP reconnaît qu'il s'agit là d'un avantage important de TRIUMF pour les universités, surtout lorsqu'il est question des étudiants et des boursiers postdoctoraux en résidence à TRIUMF et qui sont bien intégrés à aux travaux scientifiques et aux activités du laboratoire. Parmi les exemples des avantages que présente TRIUMF pour les étudiants, mentionnons la possibilité d'effectuer de la recherche à la fine pointe sous la supervision de professeurs, comme les activités de R-D sur les séparateurs à haute résolution, les sources d'ions laser et les nouvelles cibles de production des faisceaux d'isotopes rares (FIR). Comme aucune université canadienne ne dispose individuellement d'installations aussi complexes et d'une aussi grande envergure, sans TRIUMF, les étudiants canadiens n'auraient carrément pas accès à une installation d'une telle ampleur. Dans le domaine des sciences de la vie, TRIUMF joue un rôle important dans la formation des PHQ à la manutention des matières radioactives, compte tenu de la pertinence croissante des sondes d'imagerie pour la médecine personnalisée. La qualité de TRIUMF, son infrastructure et les compétences de ses employés sont autant d'atouts qui font en sorte que le rôle de TRIUMF en éducation et en recherche est de plus en plus crucial.

Les répondants au sondage ont aussi reconnu l'importance de TRIUMF dans la formation. Pratiquement tous les répondants ont indiqué que TRIUMF jouait un rôle fondamental dans la formation d'étudiants hautement qualifiés (96 %) et que TRIUMF leur avait permis – à eux ou à leur équipe de recherche – de développer de nouvelles compétences ou un nouveau savoir-faire (93 %). De plus, les répondants au sondage qui ont indiqué avoir eu accès à TRIUMF pendant leur formation ou leurs études (n=61) ont convenu des faits suivants :

- L'accès aux installations et à l'équipement de TRIUMF a contribué de manière importante à leur formation et à leurs études (94 %).
- La formation et l'expérience acquise à TRIUMF seront précieuses pour leurs employeurs (92 %).
- Leur expérience à TRIUMF a été positive sur le plan de la formation et des études (95 %).

Des étudiants de tous les niveaux ont eu accès à TRIUMF. Par exemple, pendant la période visée par l'évaluation, TRIUMF a accueilli des boursiers postdoctoraux (BPD), des étudiants de deuxième et de troisième cycle, et des étudiants de premier cycle. Un nombre similaire de BPD ont été accueillis chaque année, mais le nombre d'étudiants de premier cycle, et de deuxième et troisième cycles accueillis a augmenté de 65 % et de 56 % respectivement (tableau 4.7).

Tableau 4.7 : Le nombre d'étudiants accueillis par TRIUMF a globalement augmenté

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---|------|------|------|------|------|
| Boursiers postdoctoraux | 57 | 59 | 62 | 56 | 54 |
| Étudiants de deuxième et de troisième cycle | 43 | 42 | 73 | 56 | 71 |
| Étudiants de premier cycle | 81 | 86 | 109 | 107 | 126 |

Source : Données de TRIUMF

4.5 TRIUMF attire des personnes hautement qualifiées au Canada

Non seulement TRIUMF développe ici des PHQ, mais l'existence même de TRIUMF fait aussi du Canada un pays particulièrement attirant pour les PHQ étrangères qui souhaitent souvent y rester après leur formation. Ainsi, selon certaines discussions entre des membres du CIEP et des étudiants pendant la visite sur place, après avoir migré au Canada pour travailler avec TRIUMF pendant leurs études, bien des étudiants posent leur candidature à un poste de longue durée au Canada, particulièrement dans les universités.

La réputation enviable du Canada en physique subatomique fait de notre pays un lieu de travail attirant pour les chercheurs. Par exemple, parmi les répondants au sondage qui avaient pris la décision de rester au Canada ou d'y déménager, ou encore, de poursuivre des études ou d'occuper un emploi au Canada, la majorité a indiqué que l'utilisation de TRIUMF avait contribué de manière considérable ou extrême à leur décision :

- Rester au Canada (60 %)
- Déménager au Canada (63 %)
- Poursuivre des études au Canada (54 %)
- Occuper un emploi au Canada (59 %)

De plus, 85 % des répondants au sondage ont reconnu que l'accès obtenu à TRIUMF avait contribué à leur décision d'effectuer de la recherche au Canada plutôt que dans un autre pays. Le pourcentage de répondants en accord avec cet énoncé était le même chez les Canadiens et chez ceux provenant d'organisations ou d'établissements étrangers.

La question de la migration des personnes hautement qualifiées (PHQ) à la recherche d'un emploi, en provenance et à destination du Canada, a été abordée dans les entretiens. Bon nombre de participants à ces entretiens ont alors insisté sur l'importance d'une communauté scientifique transitoire qui, selon eux, est essentielle à l'excellence scientifique parce que les expériences vécues ailleurs contribuent à l'édification du savoir-faire et à l'émergence de nouvelles idées (tout comme le fait la collaboration). La migration des PHQ est caractéristique de la communauté scientifique : les chercheurs ont tendance à se déplacer. Même si les participants ne sont pas arrivés à quantifier cette mouvance en provenance ou à destination du Canada, nombre d'entre eux croient que TRIUMF a une incidence sur ces migrations. En raison du caractère unique de ses installations et de la participation de TRIUMF à des projets internationaux, le laboratoire attire en effet des étudiants et des chercheurs de calibre mondial.

Le CIEP reconnaît que TRIUMF joue un rôle clé dans la formation de PHQ et qu'il existe de nombreux précédents de personnes ayant choisi de demeurer au Canada pendant une partie ou la totalité de leur carrière en raison de la présence de TRIUMF. Le laboratoire contribue d'ailleurs à attirer au Canada des chefs de file mondiaux de différentes disciplines, qui ont ensuite tendance à rester au sein de l'équipe de TRIUMF comme en témoigne la composition de l'effectif du laboratoire et de sa direction ainsi que la composition du corps professoral des universités canadiennes dans les disciplines pertinentes. TRIUMF regroupe des utilisateurs et

des PHQ provenant de 39 pays différents, dont bon nombre sont des chefs de file dans leur discipline. Mentionnons par exemple le fait que pendant la période visée par l'évaluation, les chercheurs travaillant à TRIUMF ont obtenu 29 prix²⁵ d'excellence, sans compter la contribution de plusieurs d'entre eux à la découverte du boson de Higgs récompensée par un prix Nobel, l'élucidation des propriétés des neutrinos récompensée par un prix Nobel Art McDonald, ainsi que le prix Breakthrough de physique fondamentale pour la collaboration au projet T2K. De plus, les chercheurs de TRIUMF siègent au sein de comités et de conseils élus. Chaque année depuis 2013, au moins 19 chercheurs canadiens de TRIUMF²⁶ ont siégé au sein de conseils ou de comités régissant notamment les activités d'autres installations comme Fermilab, le Centre canadien de rayonnement synchrotron, SNOLAB et le CERN, et à ceux d'associations comme l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et l'American Physical Society, entre autres. Ces prix et ces nominations donnent à penser que les chercheurs de TRIUMF sont réputés et que leur savoir-faire est souvent sollicité par différents comités.

4.6 Les activités de TRIUMF génèrent des retombées économiques et sociales pour le Canada

Les retombées générées par TRIUMF découlent à la fois de ses différents programmes scientifiques et technologiques et des efforts de TRIUMF Innovations.

Au fil de ses activités courantes, TRIUMF génère des retombées dans le cadre des travaux suivants²⁷ :

- Il fournit des isotopes qui sont utilisés dans le domaine médical à des fins diagnostiques ou cliniques.
- Il aide les entreprises canadiennes à développer le savoir-faire nécessaire pour créer et fournir des technologies spécialisées, d'abord afin de répondre aux besoins de prestation des services et de recherche de TRIUMF, puis de répondre aux besoins d'autres laboratoires et entreprises partout dans le monde.
- Il forme des personnes dans des domaines spécialisés. Ces personnes utilisent ensuite les compétences acquises pour travailler dans des entreprises existantes ou pour fonder leur propre entreprise, ce qui contribue à la prospérité économique locale et nationale.
- Il offre des services, notamment des faisceaux de protons et de neutrons énergétiques qui servent à tester des produits et à traiter des personnes atteintes de cancer.
- Il attire des conférences dans la région de Vancouver.

TRIUMF Innovations transforme les fruits de la recherche de TRIUMF en produits commercialisables. Par conséquent, TRIUMF génère également des retombées par l'entremise la société TRIUMF Innovations :

²⁵ Ces données portent sur les employés nommés par le Conseil (équivalents du corps professoral) et sur les employés émérites seulement.

²⁶ Ces données reflètent les employés nommés par le Conseil (équivalents du corps professoral) seulement.

²⁷ Hickling, Arthurs et Low, *Socio-Economic Impacts of TRIUMF*, 2018

- Il crée sur le marché des débouchés pour les technologies de physique appliquée qui émergent du réseau de TRIUMF.
- Il rationalise l'accès au savoir-faire et à l'infrastructure de TRIUMF.
- Il établit des liens entre les chercheurs et les technologies de TRIUMF et le reste du monde dans le cadre de partenariats industriels, et d'activités d'octroi de licences et de développement des affaires²⁸.

Pour créer ces retombées, TRIUMF collabore avec un certain nombre de partenaires industriels. Au cours de la période visée par l'évaluation, le nombre de relations avec ces partenaires a augmenté considérablement, passant de 72 en 2013 à 139 en 2017 (une croissance de 93 %). De plus, depuis la création de AAPS/TRIUMF Innovations, cinq entreprises dérivées ont été créées. On trouvera au tableau 4.8 des exemples de partenariats industriels et d'entreprises dérivées des activités de TRIUMF.

Tableau 4.8 : Partenaires et entreprises dérivées de TRIUMF

| Nature de la relation | Entreprise | Description de la relation |
|--|--|---|
| Production d'isotopes pour des applications médicales | Nordion/BWXT ²⁹ | Cette collaboration a donné lieu au développement de technologies d'imagerie moléculaire et à la production commerciale d'isotopes. |
| | BC Cancer | Reçoit des isotopes médicaux et collabore avec TRIUMF et l'UBC au Proton Treatment Facility où sont soignés des patients atteints d'un mélanome choroïdien. |
| | ITM Isotopen Technologien Munchen AG | Produit et traite tout un éventail d'isotopes générés par cyclotron grâce à sa relation continue avec TRIUMF. |
| Fourniture d'équipement et collaborateurs | Advanced Cyclotron Systems Inc. (ACSI) | A construit le premier cyclotron hybride commercial afin de produire des isotopes pour la TEP (tomographie par émission de positons) et la SPECT (tomographie par émission photonique), y compris du technétium-99. |
| | GE Santé | Fournisseur de technologies et de cyclotrons utilisés dans le développement des technologies de production par cyclotron de technétium-99. |

²⁸ <https://www.triumfinnovations.ca/what-we-do/> (en anglais seulement)

²⁹ Nordian a récemment été acquise par BWX Technologies : <https://www.bwxt.com/news/2018/08/06/BWXT-Completes-Acquisition-of-Sotera-Health%E2%80%99s-Nordian-Medical-Isotope-Business-> (en anglais seulement)

| Nature de la relation | Entreprise | Description de la relation |
|-----------------------------|--------------------------------|--|
| | D-Pace | Cède sous licence des technologies qui assurent le fonctionnement des composantes de cyclotron et des technologies de sources d'ions, et enregistre le savoir-faire de TRIUMF dans des plans et des manuels techniques afin de préserver ces précieuses connaissances à des fins de formation et d'utilisation ultérieure. |
| Entreprises dérivées | IKOMED Technologies Inc. | Développe des technologies pour obturer de manière autonome et sélective les sources de rayons X afin de réduire l'exposition des patients tout en préservant l'obtention d'images à haute résolution. |
| | CRM GeoTomography Technologies | Propose des technologies de réduction des coûts et des déchets découlant de l'exploration géologique, et d'autres applications en défense et en sécurité. |
| | Frontier Sonde Inc. | Développe de nouvelles technologies fondées sur l'imagerie par neutrons pour faire progresser les relevés pétroliers et gaziers et la récupération de pétrole et de gaz. |
| | MICROMATTER Technologies Inc. | Produit du carbone et des feuillets d'obturation pour les accélérateurs, ainsi que des normes d'étalonnage XRF. |
| | ARTMS Products Inc. | Fondée par TRIUMF (AAPS), commercialise la solution mise au point par TRIUMF pour résoudre la crise de l'approvisionnement en isotopes médicaux. |

Source : Hickling, Arthurs et Low, *Socio-Economic Impacts of TRIUMF*, 2018

Dans l'ensemble, les activités de TRIUMF génèrent des retombées économiques au Canada et plus particulièrement en Colombie-Britannique. L'étude de Hickling, Arthurs et Low (HAL) démontre que pendant la période visée par l'évaluation, le produit intérieur brut (PIB) total attribuable à TRIUMF s'est élevé à 609 millions de dollars³⁰³¹. De ce montant, une part de 82 % a été générée en Colombie-Britannique. En fait, l'augmentation du PIB de la Colombie-Britannique attribuable à TRIUMF se chiffre à 500,8 millions de dollars, ce qui représente un

³⁰ Les retombées économiques de TRIUMF qui ont pu être quantifiées l'ont été à partir des sources de données suivantes : dépenses de TRIUMF, revenus des entreprises canadiennes attribuables à leurs relations avec TRIUMF, et dépenses par les délégués à des conférences organisées au Canada du fait de la présence de TRIUMF.

³¹ Le rapport de HAL décrit aux pages 9 et 10 les retombées qui ne peuvent être quantifiées et qui n'ont pas été incluses dans l'analyse.

rendement sur le capital investi de 10,2. Le rendement à court terme pour le Canada a été de 1,5 alors que le rendement à long terme a été de 0,48³² et que le rendement pour l'État a été de 0,40 (tableau 4.9).

Tableau 4.9 : TRIUMF génère un rendement positif sur le capital investi, particulièrement en Colombie-Britannique

| | Investissement dans TRIUMF | Augmentation du PIB | Rendement sur le capital investi |
|--|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Rendement en Colombie-Britannique | 49,0 M\$ | 500,8 M\$ | 10,2 |
| Rendement à court terme pour le Canada | 410,6 M\$ | 609,2 M\$ | 1,5 |
| Rendement à long terme pour le Canada | | 198,6 M\$ | 0,48 |
| Rendement pour l'État | | 164,9 M\$ en recettes fiscales | 0,40 |

Source : Hickling, Arthurs et Low, *Socio-Economic Impacts of TRIUMF*, 2018

L'étude économique de HAL indique que TRIUMF génère un rendement approprié sur le capital investi par l'État et que depuis la dernière évaluation en 2013, la contribution économique de TRIUMF au Canada s'est accrue, avec une production brute supérieure de près de 4 % et une contribution au PIB, à l'emploi, aux revenus du travail et aux recettes fiscales en hausse d'environ 9 %³³³⁴ en moyenne.



Le CIEP a reconnu les retombées économiques générées par TRIUMF. Il a aussi proposé que TRIUMF s'efforce d'accroître ses retombées en élargissant la portée de ses activités. Ainsi, le CIEP a constaté qu'à ce jour, la majorité des activités de commercialisation de TRIUMF sont liées aux sciences de la vie. Le Comité a donc proposé que le laboratoire étudie la possibilité de commercialiser les résultats de ses recherches dans d'autres secteurs, particulièrement ses technologies d'accélérateur et de détecteur.

Le CIEP a aussi reconnu les progrès accomplis dans le domaine de la commercialisation, mais a constaté la

présence de quelques risques.

³² La méthodologie utilisée par HAL tient compte, dans le calcul de son rendement à court terme, des fonds publics versés à TRIUMF afin de stimuler l'activité économique. Le rendement à long terme est calculé en comptabilisant les dépenses publiques dans TRIUMF en tant que contribution à la dette nationale qui doit être remboursée et n'est par conséquent pas incluse dans les retombées.

³³ Hickling, Arthurs et Low, *Socio-Economic Impacts of TRIUMF*, 2018

³⁴ L'étude socio-économique effectuée aux fins de l'évaluation précédente en 2013 avait aussi été effectuée par Hickling, Arthurs et Low, en utilisant la même méthodologie.

Premièrement, en ce qui concerne les revenus, 95 % des redevances touchées par TRIUMF (en l'occurrence 10,4 millions de dollars au cours des 5 dernières années) sont liées au partenariat de TRIUMF avec un seul titulaire de licence, licence en vertu de laquelle le matériau est produit au prix coûtant et des redevances perçues. Cette concentration des sources de revenus représente un risque si un problème de production devait survenir soit chez le titulaire de la licence, soit à TRIUMF. Par ailleurs, le CIEP juge qu'il serait possible d'élargir la portée des débouchés issus des brevets. Ainsi, sur 30 demandes de brevet déposées dans les 5 dernières années, 23 sont associées à une seule entreprise.

Recommandation 1 : Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF et TRIUMF Innovations afin de diversifier les activités de commercialisation du laboratoire (et d'accroître la valeur des redevances perçues et le nombre de brevets), de manière à répartir et à atténuer les risques associés à un portefeuille trop concentré.

Les travaux de TRIUMF ont aussi des retombées sociales. Les résultats de l'étude socio-économique et les données probantes issues des entretiens semblent indiquer que les retombées sociales sont surtout attribuables aux activités d'innovation en santé et en prestation de soins de santé, aux activités de rayonnement et, comme nous l'avons mentionné précédemment, aux activités de formation et d'éducation :

- Innovation en santé et prestation de soins de santé
 - Programme de recherche sur le cerveau : collaboration avec l'UBC ayant mené à la production de radio-isotopes de qualité supérieure et à leur intégration aux produits radiopharmaceutiques
 - Technétium-99m : dirigé par CycloMed99, un consortium national dirigé par TRIUMF qui se concentre sur l'avancement des technologies susceptibles de garantir un approvisionnement ininterrompu de Tc-99m par des moyens autres qu'un réacteur nucléaire
- Éducation et formation de personnes hautement qualifiées
 - Alternance travail-études : offre une expérience pratique précieuse à environ 100 étudiants par année
 - Programme d'isotopes pour la science et la médecine : offre aux étudiants les compétences requises pour obtenir un emploi dans les disciplines liées aux isotopes
- Rayonnement public
 - Parcours photographique mondial dans le domaine de la physique : organisé par un certain nombre de laboratoires importants, cette activité donne, en s'appuyant sur des photos, un aperçu des coulisses des laboratoires, ce qui rehausse leur profil et stimule l'intérêt du public et des jeunes
 - Mobilisation régionale du public : gamme d'activités visant à informer le public au sujet des activités de TRIUMF et à susciter chez les jeunes de l'intérêt pour les carrières en STIM (science, technologie, ingénierie et mathématiques)

Le CIEP a reconnu que TRIUMF fait preuve de dynamisme dans ses activités de rayonnement, surtout en Colombie-Britannique. Le Comité a constaté que ces activités sont susceptibles d'attirer des candidats issus de l'EDI (équité, diversité, inclusion) dans les STIM.

Les retombées sociales des activités susmentionnées peuvent être analysées à court et à long terme. Elles vont de l'acquisition de nouvelles connaissances par les participants aux activités de rayonnement à l'amélioration des résultats du système de soins de santé. Les retombées sociales prévues de certaines des activités de TRIUMF sont résumées au tableau 4.10 ci-dessous.

Tableau 4.10 : Les activités de TRIUMF engendrent un certain nombre de retombées sociales

| Retombée | Activité | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------|---------------------------|---|-------------------------|----------------------------------|
| | Programme de recherche sur le cerveau | Tc-99m | Alternance travail-études | Isotopes pour la science et la médecine | Parcours photographique | Mobilisation régionale du public |
| Compétences et capacités spécialisées | X | X | X | X | | |
| Nouvelles connaissances | X | X | X | X | X | X |
| Retombées de la collaboration interdisciplinaire | X | X | X | X | X | X |
| Réduction des coûts des soins de santé | | X | | | | |
| Améliorations des résultats des soins de santé | X | X | | | | |
| Inspiration pour les Canadiens ou les jeunes | | | | | X | X |

Source : Hickling, Arthurs et Low, *Socio-Economic Impacts of TRIUMF*, 2018

Dans l'ensemble, le CIEP a été impressionné par l'importance des retombées des activités de TRIUMF. Malgré tout, l'évaluation démontre qu'il serait possible de les accroître. Vu son emplacement, il n'est pas étonnant que TRIUMF génère des retombées économiques et sociales surtout en Colombie-Britannique. Il serait cependant possible de les étendre en appliquant des méthodes peu coûteuses comme des visites virtuelles et la diffusion en continu de présentations et de conférences. De plus, comme le souligne le CIEP :

[TRADUCTION] « *Comme le laboratoire compte maintenant des universités qui sont des membres à part entière et des universités qui sont des membres associés, en plus d'utilisateurs et de collaborateurs provenant de plus de la moitié des autres provinces du Canada, il semble approprié de tenter de convaincre les autres provinces d'accroître leur soutien à TRIUMF. Une des façons d'y arriver consisterait à accroître la visibilité de TRIUMF dans les autres provinces, à mettre en valeur les liens de TRIUMF avec ces provinces et les contributions connexes, et ce, dans le cadre d'un programme de rayonnement et de communications bien ciblé.* » – Rapport du CIEP

Recommandation 2 : Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour cerner des moyens d'étendre les activités de rayonnement du laboratoire à des régions autres que la Colombie-Britannique, dans le but d'accroître les retombées des activités de TRIUMF et d'élargir le soutien dont il bénéficie. Le recours à des outils virtuels pourrait notamment être envisagé.

5 TRIUMF est déterminé à adopter un mode de fonctionnement efficace et économique

L'évaluation s'est penchée sur un certain nombre de questions liées à l'efficacité de TRIUMF et à la rigueur de sa gestion. On a notamment effectué un suivi des changements apportés par TRIUMF dans la foulée des recommandations émanant de l'évaluation précédente et de la manière dont TRIUMF a géré ses ressources pendant la période visée par l'évaluation. Le plan stratégique de TRIUMF pour les 5 prochaines années a aussi été analysé, et certains facteurs extérieurs susceptibles d'influer sur son efficacité ont été soupesés. L'évaluation a permis de constater que TRIUMF avait apporté un certain nombre de changements afin d'accroître son efficacité et que le laboratoire prévoyait d'en apporter plusieurs autres. L'évaluation indique aussi que TRIUMF gère sagement ses ressources. Le plan stratégique 2020-2025 de TRIUMF témoigne de la vision de l'organisme pour la prochaine phase de son développement, un plan que le CIEP juge ambitieux, mais réaliste compte tenu de l'approche adoptée.

5.1 TRIUMF accroît son efficacité grâce à de nouveaux mécanismes et à une gouvernance améliorée

Dans l'évaluation précédente, on avait constaté que dans l'ensemble, le mode de fonctionnement du laboratoire était approprié et plus efficace que celui d'autres installations comparables. Certaines possibilités d'améliorations avaient néanmoins été cernées, et des recommandations avaient été formulées afin que le CNRC et TRIUMF y donnent suite. Dans la

première de ces recommandations, on demandait que TRIUMF définisse et mette en œuvre un système de gestion du rendement efficace et harmonisé avec ses objectifs stratégiques et opérationnels. On espérait ainsi faciliter l'évaluation du rendement et obtenir une gestion des ressources plus stratégique et plus efficace par l'entremise d'indicateurs additionnels. Depuis, TRIUMF :

- a mis au point un modèle logique, mettant en œuvre des indicateurs de rendement clés;
- révisé l'énoncé de sa mission, de sa vision et de ses valeurs;
- mis en œuvre un processus de planification plus formel aux différents paliers de sa structure.

L'évaluation précédente en était également venue à la conclusion que toute contrainte éventuelle sur le budget de fonctionnement de TRIUMF aurait une incidence sur sa capacité de soutenir de manière appropriée son infrastructure actuelle, ses activités de recherche et ses autres activités parrainées. Il était recommandé que TRIUMF se dote d'un mécanisme pour fixer ses priorités et assurer la gestion de l'entretien continu de ses infrastructures. TRIUMF a créé des registres à l'échelle de l'organisation et dans ses divisions afin de mieux surveiller et gérer les risques; les divisions sont donc désormais dotées d'un budget annuel.

Au cours des 5 dernières années, TRIUMF a apporté un certain nombre d'autres changements dans le but d'accroître son efficacité et la rigueur de sa gestion. Il a notamment mis en œuvre de nouveaux mécanismes et modifié sa structure de gouvernance. Selon de nombreux participants aux entretiens, la nomination d'un chef de l'exploitation (CE) et la création d'un bureau de gestion des projets (BGP) sont les mécanismes les plus importants mis en place. Le CIEP a fait remarquer que ces mesures témoignent de la volonté du laboratoire de respecter le principe de l'amélioration continue. Les améliorations sont d'ailleurs évidentes. Les participants aux entretiens ont souligné que le BGP avait contribué à l'organisation et à la rationalisation de nombreuses activités, notamment la planification des projets et la gestion des ressources.

Voici quelques autres exemples de mécanismes créés pour accroître l'efficacité :

- Un système de gestion de la qualité (SGQ) restructuré : La restructuration a notamment consisté à nommer un responsable à temps plein du SGQ et un chef de l'information, et à mettre en place un ensemble de programmes d'audit du SGQ dans l'ensemble du laboratoire.
- De nouvelles capacités de gestion : nomination de deux nouveaux directeurs adjoints (un à la recherche et le chef de l'exploitation précédemment mentionné).
- La création d'un plan de recrutement qui est révisé à intervalles réguliers afin de tenir compte des besoins continus des projets.
- La mise au point d'une possible méthode de gestion matricielle pour certaines fonctions de soutien ou fonctions de base.

De plus, même si ces facteurs ne sont pas directement liés à l'efficacité ou à la rigueur de la gestion, l'évaluation a établi que TRIUMF accorde de plus en plus d'importance à la sécurité. Selon quelques répondants, l'instauration des évaluations de sécurité a provoqué un changement de culture organisationnelle. Outre la sécurité, cette nouvelle culture fait une plus

grande place aux questions de santé, de bien-être, de mentorat, de diversité et d'équité. Certains comités ont été récemment créés pour gérer ces enjeux.

Un exercice important est en cours à TRIUMF, en l'occurrence la transformation de sa structure de gouvernance. On attend de cet exercice qu'il améliore l'efficacité et l'efficience du laboratoire. TRIUMF est en ce moment une coentreprise regroupant 14 universités membres à part entière (c.-à-d. qu'il n'y a pas d'entité légale distincte). Le Conseil d'administration actuel compte 36 membres : des représentants des universités membres à part entière ou membres associés, des représentants du secteur privé et des membres de la haute direction de TRIUMF. Dans la nouvelle structure proposée, la gouvernance de TRIUMF serait actualisée. Le Conseil d'administration serait ramené à des proportions plus modestes et serait axé sur les compétences. Les administrateurs seraient sélectionnés dans les universités membres ou au sein de la population générale, de façon à maintenir la supervision étroite des universités membres et leur engagement. Certains participants aux entretiens ont souligné les aspects stratégiques et l'efficacité de cette démarche, surtout parce que le Conseil d'administration compterait un nombre moins important d'experts capables d'orienter plus efficacement non seulement la recherche, mais aussi la gestion des ressources et des installations. Cette nouvelle structure du conseil favoriserait une reddition de comptes applicable à l'ensemble des activités du laboratoire et pas seulement à la recherche.

Le CIEP a constaté que la direction de TRIUMF est déterminée à continuer de rehausser l'efficience et l'efficacité des activités du laboratoire. Il base plus particulièrement cette constatation sur le processus décisionnel par étapes, similaire à celui utilisé dans les laboratoires du Département de l'énergie des États-Unis, et sur l'adoption de la gestion matricielle pour les fonctions techniques. Le CIEP voit ces décisions comme une étape importante du processus visant à accroître la fiabilité du fonctionnement tout en donnant suite aux mises à niveau planifiées des installations. Cependant, comme l'a aussi constaté le CIEP, s'il est vrai que certains changements récents et d'autres prévus, comme la décision d'élargir les descriptions de poste et d'offrir au personnel de la formation croisée, accroîtront probablement l'efficacité, ils pourraient aussi saper le moral des employés et créer des problèmes de culture organisationnelle s'ils ne sont pas mis en œuvre avec doigté. Le maintien de bonnes communications dans l'ensemble de l'organisation sera essentiel pour atténuer les irritants liés à ces changements.

Compte tenu de l'ampleur des changements survenus et de ceux à venir, le CIEP est d'avis qu'il sera important d'assurer des communications suivies et de surveiller attentivement les effets de ces changements sur les employés.

[TRADUCTION] « *Au cours d'une période de changements rapides, il est crucial de s'attarder à leurs effets sur la culture organisationnelle et sur la mobilisation de l'effectif. La mise en place de communications efficaces à chaque étape et, probablement plus suivies qu'il semble nécessaire, est fondamentale. Des indicateurs quantitatifs doivent être développés et faire l'objet d'un suivi pendant la mise en œuvre des changements opérationnels et organisationnels afin de s'assurer que les résultats escomptés se*

concrétisent et de déterminer si des effets nuisibles inattendus surviennent. Habituellement, une organisation qui apporte des changements structurels visant des gains d'efficacité et d'efficacité doit se préparer à investir à court terme les sommes nécessaires. Le rythme des changements doit être adapté aux ressources budgétaires disponibles et être conforme à ce que les employés et la culture organisationnelle peuvent absorber. » – Rapport du CIEP

Recommandation 3 : Afin de faciliter la compréhension par les employés de TRIUMF des changements organisationnels prévus et d'obtenir leur adhésion à ces changements, le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour élaborer et mettre en œuvre un plan de communications des changements et des avantages prévus.

Recommandation 4 : Le CNRC devrait, de concert avec TRIUMF, établir des indicateurs quantitatifs pour surveiller la mise en œuvre des changements organisationnels et leurs retombées, s'assurer que les résultats escomptés sont bien obtenus et permettre à la direction de TRIUMF d'apporter les légers changements qui s'imposent, le cas échéant, pour obtenir ces résultats.

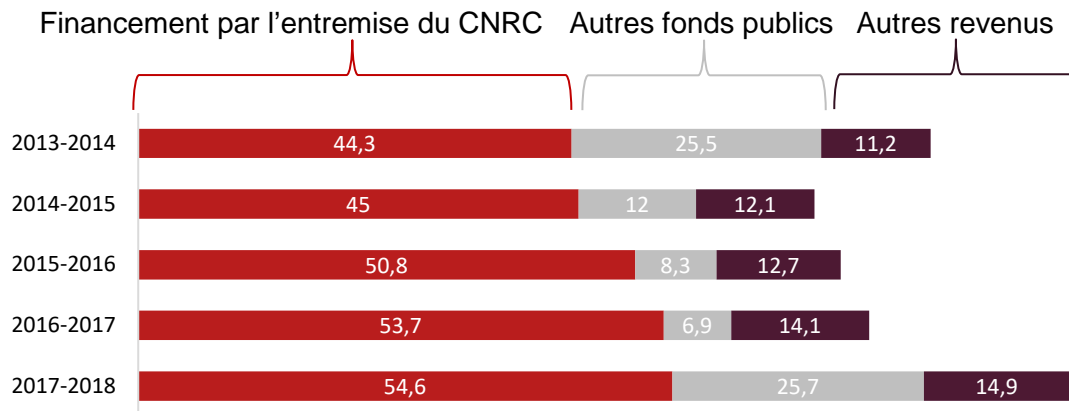
5.2 TRIUMF gère sainement ses ressources

Le financement total de TRIUMF a augmenté au cours des 5 dernières années. En effet, malgré la diminution d'autres sources importantes de financement public, TRIUMF a été en mesure d'obtenir du gouvernement fédéral une augmentation de ses crédits de fonctionnement (administrés par le CNRC). Dans le budget de 2015, TRIUMF s'est vu octroyer une somme additionnelle de 45 millions de dollars sur 5 ans à partir de 2015-2016³⁵. Au cours des 10 années précédentes, le niveau de financement fédéral administré par le CNRC était resté stationnaire. Une augmentation s'avérait nécessaire pour maintenir les activités de base et faire progresser les travaux de la deuxième phase du projet ARIEL. À ce jour, les sommes additionnelles investies représentent une augmentation de financement de 23 % par rapport à 2013-2014.

Même si les revenus générés par TRIUMF ne représentent qu'une faible proportion de son budget global, ils représentent la source de financement dont la croissance a été la plus forte, soit 33 % pendant la période visée par l'évaluation (figure 5.1). Ce facteur est important, car lorsque ses revenus augmentent, TRIUMF dispose d'un levier plus solide pour financer les dépenses à même ses propres sources. Par ailleurs, ces fonds sont importants parce qu'ils permettent de financer des projets et des initiatives dont le financement public serait difficile à justifier, notamment la construction de nouveaux immeubles et des activités de commercialisation.

³⁵ <https://www.budget.gc.ca/2015/docs/themes/industry-innovation-industrie-fra.html>

Figure 5.1 : Les crédits versés par le CNRC et les revenus (en millions de dollars) sont les sources de financement ayant augmenté le plus pendant la période visée par l'évaluation



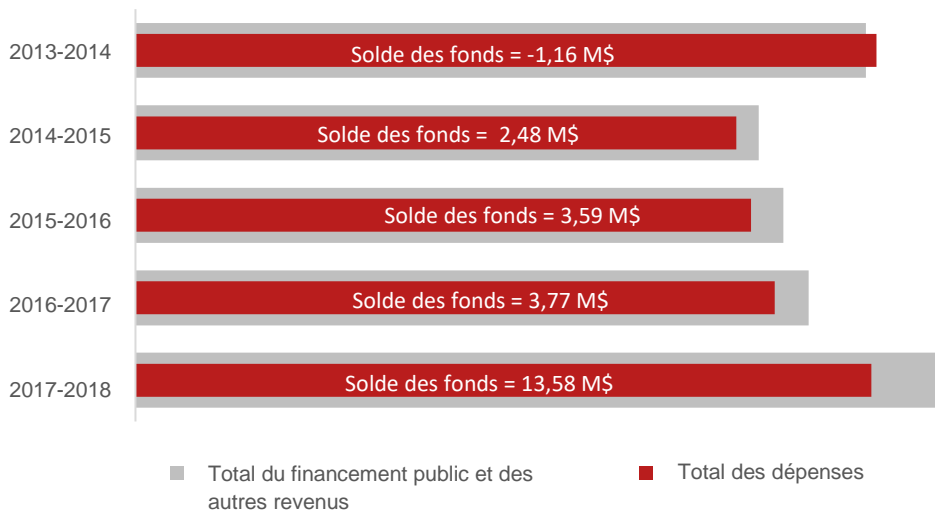
Source : Données de TRIUMF

TRIUMF a bien géré ses coûts au cours des cinq dernières années. Comparativement à 2013-2014, TRIUMF a engagé en 2017-2018 des dépenses légèrement plus élevées en salaires et en avantages sociaux, mais cette augmentation a été contrebalancée par une diminution des autres dépenses, et plus particulièrement de celles liées à la construction d'ARIEL³⁶. Dans l'ensemble, les dépenses ont diminué légèrement par rapport à leur niveau il y a cinq ans alors que les revenus totaux ont augmenté de 18 % (figure 5.2).

L'excédent des revenus par rapport aux dépenses a été affecté à des projets d'immobilisations prévus, notamment à ARIEL et à l'IAMI. L'important excédent des revenus par rapport aux dépenses en 2017-2018 découle d'une contribution forfaitaire versée par le gouvernement de la Colombie-Britannique au titre de la construction de l'IAMI.

³⁶ Les autres dépenses englobent les dépenses de construction et de rénovation, l'achat de matériel informatique, les services d'experts-conseils, l'équipement, l'énergie, les fournitures et autres dépenses, les télécommunications et les voyages.

Figure 5.2 : Le solde des fonds de TRIUMF a augmenté tous les ans au cours de la période visée par l'évaluation



Source : Données de TRIUMF

TRIUMF a engagé plus de professeurs (nominations conjointes), de scientifiques employés et de travailleurs affectés aux installations et aux sites que d'employés administratifs au cours des cinq dernières années, ce qui dénote probablement la volonté de TRIUMF de privilégier l'excellence scientifique au moyen d'une structure administrative légère, mais appropriée.

5.3 TRIUMF propose un plan stratégique réaliste pour 2020-2025

TRIUMF établit ses plans stratégiques en fonction d'un cycle de 5 ans qui correspond au cycle de financement du CNRC. De l'aveu même de TRIUMF, son plan de cette année est ambitieux, mais réaliste. Il s'appuie sur les investissements du passé et mise sur une image de marque et un réseau mondial déjà établis³⁷. Ce plan comprend 3 volets clés : sciences et technologie, personnes et compétences, et innovation et collaboration. Il vise les résultats suivants :

- Repousser les frontières du savoir et faire reconnaître à l'échelle mondiale la contribution du Canada à la recherche axée sur la découverte.
- Augmenter la capacité du Canada en recherche-développement multidisciplinaire de calibre mondial.
- Former une nouvelle génération de Canadiens hautement qualifiés prêts à livrer concurrence dans l'économie du savoir et de l'innovation.
- Élargir l'accès aux carrières dans les STIM à tous les Canadiens.
- Créer de nouvelles technologies révolutionnaires de nature à stimuler l'innovation en entreprise et à rehausser la qualité de vie des Canadiens.

³⁷ Plan stratégique 2020-2025 de TRIUMF (en anglais seulement)

- Consolider la position concurrentielle du Canada dans le domaine de la découverte scientifique et de l'innovation.

Dans le cadre de l'évaluation, il avait été demandé au CIEP de passer en revue le plan stratégique 2020-2025 de TRIUMF et de fournir des commentaires. Selon le CIEP, ce plan est solide et bien équilibré. Ses priorités sont clairement énoncées et visent des résultats mesurables. Le CIEP reconnaît que le plan est ambitieux, mais réaliste, dans la mesure de l'obtention des budgets demandés. Le CIEP convient par ailleurs que l'exécution de ce plan placerait TRIUMF en position d'obtenir des résultats marquants dans l'ensemble du domaine couvert par sa mission, ce qui confirmerait son statut de chef de file. L'expérience du moment d'un dipôle électrostatique de neutrons qui sera effectuée à l'installation de neutrons ultrafroids de TRIUMF, ainsi que l'achèvement de la construction d'ARIEL, dont le CIEP souligne qu'elle est indispensable à la poursuite du développement de la physique nucléaire au Canada et au maintien d'un programme de classe mondiale dans cette discipline, sont des projets d'une importance particulière pour que TRIUMF soit reconnu comme effectuant de la recherche de calibre mondial et obtienne le statut de chef de file mentionné par le Comité. Vu la complexité de certains des projets prévus, le CIEP émet toutefois une mise en garde sur l'importance de maintenir une solide gestion de projet pour que TRIUMF soit en mesure de tenir ses engagements sans dépasser les budgets demandés.

Le Comité a aussi reconnu que même si un plan quinquennal explicite est essentiel, dans le contexte de bon nombre des expériences menées au laboratoire (particulièrement en physique), qui requièrent une planification et des investissements à plus long terme, TRIUMF devrait prolonger l'horizon temporel de sa vision et de sa planification à long terme à un horizon d'au moins 20 ans.

5.4 L'approche actuelle du Canada en matière de financement crée des défis tant pour TRIUMF que pour d'autres installations

Au Canada, la responsabilité du financement fédéral de la recherche scientifique incombe aux 3 conseils subventionnaires :

- les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC);
- le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG);
- le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH).

Les « trois conseils », comme ils sont communément appelés, fonctionnent de manière autonome par rapport à l'administration fédérale et financent habituellement les coûts directs de la recherche et de la formation en recherche. Ces fonds sont attribués par voie de concours soutenus par des examens par les pairs. L'administration fédérale finance aussi des infrastructures de recherche par l'entremise de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), dont les fonds sont distribués dans le cadre d'un rigoureux processus d'examen. Le financement de la FCI ne peut excéder 40 % des coûts totaux d'une infrastructure donnée.

La FCI et les trois conseils s'efforcent, dans la mesure du possible, d'harmoniser leurs décisions et de collaborer dans le processus de financement et d'examen par les pairs afin d'en

venir à un financement intégré. Dans l'ensemble, toutefois, le financement de la recherche scientifique au Canada n'est pas fondé sur une approche coordonnée.

Les chercheurs et les laboratoires tirent souvent leur financement de multiples sources fédérales. Par exemple, pendant la période visée par l'évaluation, les activités de TRIUMF (en partenariat avec des universités) ont été financées par le CRSNG, la FCI et le financement de base du CNRC. Certaines activités ont aussi été financées par d'autres sources, y compris des organismes provinciaux.

Ce besoin de coordination du financement est bien étayé. Par exemple, dans le plus récent *Plan à long terme pour la physique subatomique au Canada* (2016), on insiste sur la nécessité de coordonner les ressources, le financement et les processus d'approbation des différents organismes et laboratoires qui soutiennent la physique subatomique au Canada. Dans le rapport de 2011 intitulé *Innovation Canada : le pouvoir d'agir*, les auteurs passent en revue le soutien fédéral aux activités de recherche-développement et recommandent de se doter d'une voix claire en matière d'innovation et d'améliorer la coordination avec les provinces afin d'optimiser les retombées. Plus récemment, dans le cadre de l'Examen du soutien fédéral aux sciences (2017), il a été recommandé que la gestion des investissements dans les grands projets scientifiques soit mieux coordonnée. Plusieurs recommandations ont été formulées dans le cadre de l'Examen afin d'améliorer la coordination et d'harmoniser les stratégies de financement.

L'absence d'une démarche nationale a aussi été soulignée par les participants aux entretiens. Quelques-uns ont fait remarquer que le financement était mieux coordonné dans d'autres pays. Par exemple, certains ont mentionné le modèle « descendant » ou de financement direct du gouvernement des États-Unis ainsi que le modèle allemand, où tout le financement scientifique est géré par une seule organisation indépendante financée par le fédéral.

De nombreux participants aux entretiens ont souligné les difficultés que crée la démarche « au cas par cas » du Canada. Par exemple, selon certains, l'absence de coordination entre les cycles de financement compliquerait la planification et l'exécution des projets. Ces problèmes découlent souvent du fait que les projets de TRIUMF s'étirent sur des périodes plus longues que les cycles de financement normaux. On croit que ce phénomène a une incidence sur l'aspect stratégique des projets entrepris par TRIUMF. Comme nous l'avons mentionné précédemment, le CIEP a proposé que la vision stratégique de TRIUMF se fasse sur un horizon de 20 ans afin que les projets et les orientations stratégiques puissent être menés à terme.

Soulignons cependant que TRIUMF bénéficie d'une position unique. Alors que les autres installations de recherche doivent obtenir la plus grande partie de leur financement de base dans le cadre de concours lancés par les conseils subventionnaires et d'autres bailleurs de fonds comme la FCI, le fonctionnement de base de TRIUMF est financé sur un cycle de 5 ans grâce à l'accord de contribution conclu avec le CNRC. Ce choix s'explique par la portée des activités de TRIUMF, qui est trop importante pour être confiée à un seul bailleur de fonds. Malgré certaines des difficultés dont il est question ci-dessous, même le CIEP a constaté que cette méthode est supérieure à celle du financement annuel utilisé aux États-Unis.

Finalement, le manque de coordination du financement a aussi une incidence sur le travail administratif. Par exemple, l'installation ARIEL a été financée par la FCI et 5 provinces. Au total, 6 demandes de financement ont dû être préparées et gérées pour respecter les exigences de reddition de comptes sur l'utilisation des subventions et des contributions.

Le CIEP compatit et a souligné que cette approche peut nuire à la productivité :

[TRADUCTION] « *La nécessité de solliciter, pour des grands projets scientifiques, du financement auprès de multiples bailleurs de fonds imposant chacun des restrictions explicites sur l'utilisation qui peut être faite des fonds s'avère problématique pour les projets et pour le laboratoire. En particulier, l'expérience montre que les investissements dans les installations et les infrastructures, y compris dans les bureaux administratifs, les salles de réunion et d'autres installations à coût raisonnable, augmentent la productivité du personnel et par conséquent le rendement sur le capital investi.* » – Rapport du CIEP

Ce problème du financement à usage restreint des fonds a aussi été abordé pendant les entretiens. Les participants ont plus particulièrement qualifié de « contraignant » le manque de financement attribué à la planification des projets et aux études de faisabilité. Le CIEP a aussi mentionné que l'insuffisance des ressources consacrées à des aspects importants des projets de grande envergure, notamment des fonds de planification et des fonds pour éventualités, expose TRIUMF à des risques inutiles.

Les difficultés que cause à TRIUMF la méthode canadienne de financement de la recherche ont des effets sur les autres organismes de recherche. Comme nous l'avons mentionné précédemment, ce problème est largement reconnu, et les mesures correctives pourraient venir en partie de la mise en œuvre par le gouvernement fédéral des recommandations issues de l'Examen du soutien fédéral aux sciences de 2017.

6 Conclusion

L'évaluation a permis de constater que TRIUMF demeure pertinent et offre un bon rendement. Le laboratoire répond aux besoins d'une communauté croissante de chercheurs en mettant à leur disposition de l'équipement et des installations qui n'existent nulle part ailleurs au Canada. TRIUMF demeure un chef de file qui contribue à des recherches et à des découvertes importantes et qui bénéficie dès lors d'une réputation très enviable. TRIUMF joue aussi un rôle important d'intermédiaire entre le Canada et le reste du monde grâce aux projets de collaboration internationaux auxquels il participe. Il favorise la formation de PHQ au Canada et attire au pays certaines de ces PHQ en plus de soutenir les priorités gouvernementales en sciences, en technologie et en innovation. Les retombées créées au Canada par TRIUMF découlent de ses activités et de ses programmes courants, mais aussi des efforts de TRIUMF Innovations, qui ont permis d'intensifier les activités de commercialisation du laboratoire. TRIUMF continue d'apporter des changements afin de s'améliorer et a déposé un nouveau plan ambitieux, mais réaliste, pour son prochain cycle quinquennal de financement du

CNRC. Malgré ses succès et son rôle important au Canada, TRIUMF se heurte, selon l'évaluation, à des difficultés découlant du mode de financement de la recherche au Canada. Ce problème a été décrit dans plusieurs rapports fédéraux sur la science et l'innovation, qui incitent le gouvernement fédéral à agir pour l'atténuer.

Au vu des constatations de la présente évaluation, les recommandations suivantes sont formulées :

1. Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF et TRIUMF Innovations afin de diversifier les activités de commercialisation du laboratoire (et d'accroître la valeur des redevances perçues et le nombre de brevets), de manière à répartir et à atténuer les risques associés à un portefeuille trop concentré.
2. Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour cerner des moyens d'étendre les activités de rayonnement du laboratoire à des régions autres que la Colombie-Britannique, dans le but d'accroître les retombées des activités de TRIUMF et d'élargir le soutien dont il bénéficie. Le recours à des outils virtuels pourrait notamment être envisagé.
3. Afin de faciliter la compréhension par les employés de TRIUMF des changements organisationnels prévus et d'obtenir leur adhésion à ces changements, le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour élaborer et mettre en œuvre un plan de communications des changements et des avantages prévus.
4. Le CNRC devrait, de concert avec TRIUMF, établir des indicateurs quantitatifs pour surveiller la mise en œuvre des changements organisationnels et leurs retombées, s'assurer que les résultats escomptés sont bien obtenus et permettre à la direction de TRIUMF d'apporter les légers changements qui s'imposent, le cas échéant, pour obtenir ces résultats.

7 Réponse de la direction

Il importe de souligner que la réponse de la direction qui suit tient pour acquis que le CNRC et TRIUMF concluront un nouvel accord de contribution quinquennal pour la période de 2020 à 2025.

| Recommandation | Réponse et mesures proposées | Échéanciers | Responsable proposé | Indicateur de réussite |
|---|--|--|----------------------------|--|
| 1. Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF et TRIUMF Innovations afin de diversifier les activités de commercialisation du laboratoire (et d'accroître la valeur des redevances perçues et le nombre de brevets), de manière à répartir et à atténuer les risques associés à un portefeuille trop concentré. | <p>Le CNRC accepte cette recommandation.</p> <p>Le CNRC, par l'entremise du Comité consultatif de TRIUMF (CCT), collaborera avec TRIUMF afin de voir comment on pourrait intensifier les activités de commercialisation du laboratoire et développer des indicateurs quantitatifs pour mesurer les progrès accomplis. Le CCT donnera des conseils pendant ses visites semestrielles au laboratoire TRIUMF et inclura dans les rapports présentés au CNRC ces conseils, ainsi que les progrès accomplis par rapport aux indicateurs établis et des recommandations.</p> | Premier rapport du CCT sur les conseils de diversification des activités – décembre 2020 | CNRC – vice-présidente, TE | Conseils et recommandations inscrits dans les rapports semestriels du CCT (de 2020 à 2025) |
| 2. Le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour cerner des moyens d'étendre les activités de | <p>Le CNRC accepte cette recommandation.</p> <p>Le CNRC, par l'entremise du Comité consultatif de TRIUMF</p> | Premier rapport du CCT sur les conseils d'élargissement des activités de | CNRC – vice-présidente, TE | Conseils et recommandations inscrits dans les rapports |

| Recommandation | Réponse et mesures proposées | Échéanciers | Responsable proposé | Indicateur de réussite |
|---|--|---|-----------------------------------|---|
| <p>rayonnement du laboratoire à des régions autres que la Colombie-Britannique, dans le but d'accroître les retombées des activités de TRIUMF et d'élargir le soutien dont il bénéficie. Le recours à des outils virtuels pourrait notamment être envisagé.</p> | <p>(CCT), examinera les activités de rayonnement prévues de TRIUMF décrites dans son plan de mise en œuvre 2020-2025 et recensera, le cas échéant, les nouvelles possibilités d'étendre ces activités.</p> <p>Le CCT donnera des conseils pendant ses visites semestrielles au laboratoire TRIUMF et inclura dans les rapports présentés au CNRC ces conseils et des recommandations.</p> | <p>rayonnement – décembre 2020</p> | | <p>semestriels du CCT (de 2020 à 2025)</p> |
| <p>3. Afin de faciliter la compréhension par les employés de TRIUMF des changements organisationnels prévus et d'obtenir leur adhésion à ces changements, le CNRC devrait collaborer avec TRIUMF pour élaborer et mettre en œuvre un plan de communications des</p> | <p>Le CNRC accepte cette recommandation.</p> <p>Le CNRC, par l'entremise du Comité consultatif de TRIUMF (CCT), donnera à TRIUMF des conseils sur l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan de communications des changements organisationnels imminents pour informer les employés de TRIUMF. Le CCT donnera des conseils pendant ses visites semestrielles au laboratoire TRIUMF et inclura dans les rapports présentés au CNRC ces conseils et des recommandations.</p> | <p>Premier rapport du CCT comprenant des conseils sur un plan de communications à propos des changements organisationnels prévus – mai 2019</p> | <p>CNRC – vice-présidente, TE</p> | <p>Conseils et recommandations inscrits dans les rapports semestriels du CCT (de 2019 à 2025)</p> |

| Recommandation | Réponse et mesures proposées | Échéanciers | Responsable proposé | Indicateur de réussite |
|---|--|---|-----------------------------------|---|
| <p>changements et des avantages prévus.</p> | | | | |
| <p>4. Le CNRC devrait, de concert avec TRIUMF, établir des indicateurs quantitatifs pour surveiller la mise en œuvre des changements organisationnels et leurs retombées, s'assurer que les résultats escomptés sont bien obtenus et permettre à la direction de TRIUMF d'apporter les légers changements qui s'imposent, le cas échéant, pour obtenir ces résultats.</p> | <p>Le CNRC accepte cette recommandation.</p> <p>Le CNRC collaborera avec TRIUMF à l'établissement d'indicateurs quantitatifs pour surveiller la mise en œuvre des changements organisationnels et leurs retombées. Ces indicateurs quantitatifs seront mentionnés dans les rapports soumis par TRIUMF au CNRC dans le cadre de la surveillance continue de l'accord de contribution.</p> | <p>Des indicateurs quantitatifs seront développés et inclus aux activités de surveillance – 1^{er} avril 2020</p> | <p>CNRC – vice-présidente, TE</p> | <p>Les indicateurs quantitatifs inclus dans les rapports remis par TRIUMF dans le cadre du processus de surveillance de l'accord de contribution (de 2020 à 2025)</p> |

Annexe A – Questions de l'évaluation

1. TRIUMF est-il une plateforme de calibre mondial en ce qui concerne l'excellence de la recherche?
 - a. TRIUMF répond-il à un besoin?
 - b. Dans quelle mesure TRIUMF est-il un chef de file de l'excellence scientifique en physique des particules et en physique nucléaire, ainsi que dans les disciplines connexes, notamment la médecine nucléaire et la science des accélérateurs?
 - c. Dans quelle mesure la participation du Canada à TRIUMF permet-elle à notre pays d'être branché au reste du monde dans les disciplines connexes?
2. Les travaux de TRIUMF sont-ils harmonisés avec les priorités du gouvernement fédéral dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'innovation et avec les résultats stratégiques recherchés par le CNRC?
3. Le rôle de supervision de TRIUMF confié au CNRC est-il approprié?
4. Dans quelle mesure TRIUMF est-il utile aux universités canadiennes (à savoir, les universités en tirent-elles des avantages de ce laboratoire)?
5. Dans quelle mesure TRIUMF contribue-t-il à la création de retombées sociales et économiques au Canada?
6. TRIUMF est-il administré et ses activités sont-elles menées d'une manière économique et efficiente?
 - a. Le CNRC gère-t-il bien les ressources qui lui sont confiées?
 - b. Les éventuels problèmes de gouvernance sont-ils réglés de manière appropriée?
7. Le plan quinquennal proposé pour TRIUMF permettra-t-il de maintenir sa pertinence et d'assurer ses succès?
8. Y a-t-il des facteurs externes qui influent sur l'efficacité de TRIUMF?

Annexe B – Méthodologie d'évaluation

L'évaluation a été effectuée conformément au plan d'évaluation ministériel approuvé du CNRC pour 2017-2018 et a eu lieu à un moment conforme aux exigences de la *Loi sur la gestion des finances publiques* (article 42.1). L'évaluation a porté sur la période de 5 ans allant de 2013-2014 à 2017-2018. Comme l'atteinte des buts de TRIUMF requiert des ressources qui vont au-delà de celles fournies par l'accord de contribution qui finance ses principales activités, la présente évaluation a pris en compte l'ensemble des activités et des résultats du laboratoire.

Les questions de l'évaluation découlent de consultations avec la vice-présidente, Technologies émergentes du CNRC (ainsi qu'avec des membres clés de son personnel), avec la haute direction et les employés de TRIUMF et avec d'autres organismes de financement fédéraux (FCI, CRSNG, ISDE), ainsi que d'un examen des principaux documents. Ces questions respectent par ailleurs les exigences de la *Politique sur les résultats* du Conseil du Trésor.

Afin que ses constatations soient aussi utiles, valides et pertinentes que possible, l'équipe d'évaluation a eu recours à une combinaison de méthodes pour recueillir les données. Cette approche a permis de faire des recoupements (à savoir, convergence de résultats découlant de différentes sources de données) et d'exploiter la complémentarité des données recueillies (c.-à-d. d'en venir à une meilleure compréhension des situations complexes grâce à l'exploration de leurs différents aspects).

L'approche de collecte des données intégrait des méthodes qualitatives et des méthodes quantitatives :

- examen de documents;
- examen des données administratives et des données de rendement;
- entretiens avec des employés, des clients et des partenaires de TRIUMF ainsi qu'avec d'autres parties intéressées clés;
- sondage mené auprès des utilisateurs de TRIUMF;
- examen international par les pairs.

On trouvera dans les paragraphes qui suivent une description de chacune des méthodes utilisées.

Examen de documents

Les documents examinés ont éclairé la plupart des questions de l'évaluation, particulièrement celles portant sur la pertinence de TRIUMF, sur sa gouvernance et sur son efficacité. Parmi les documents examinés, mentionnons des examens externes de l'écosystème de la physique subatomique dans son ensemble ainsi que des documents internes comme des plans stratégiques et des présentations.

Une analyse bibliométrique (commandée par TRIUMF) et une évaluation des retombées économiques (commandée par le CNRC) avaient aussi été effectuées récemment par des

experts-conseils de l'extérieur dans l'objectif d'éclairer l'évaluation. Ces deux documents faisaient partie des documents clés consultés dans le cadre de l'examen de la documentation.

Examen des données administratives et des données de rendement

Les données financières et administratives ont contribué à dresser le profil de TRIUMF et ont aussi éclairé les questions portant sur son efficacité. Les données sur les projets et les données de rendement ont été utilisées comme des indicateurs de la portée des activités de TRIUMF auprès de ses clients, de l'utilisation de TRIUMF, de ses extraits et de ses résultats. Ces données ont été fournies par TRIUMF et analysées par l'équipe d'évaluation du CNRC.

Entretiens

L'organisation d'entretiens permet d'amasser des données probantes qualitatives précieuses qui permettent de mettre l'analyse en contexte et qui contribuent à valider les données collectées par d'autres moyens. Dans l'ensemble, 36 personnes ont accepté de participer à un entretien aux fins de l'évaluation. Ces personnes représentaient les groupes d'intervenants suivants :

- membres du personnel et de la direction de TRIUMF (n=7);
- membres du personnel et de la direction du CNRC (n=3);
- TRIUMF Innovations (n=1);
- membres de TRIUMF (n=12);
- bailleurs de fonds fédéraux (n=3);
- associations (n=6);
- autres laboratoires (n=4).

Les entretiens ont été effectués par téléphone et ont duré de 30 à 60 minutes. Des guides d'entretien distincts avaient été préparés pour chaque groupe d'intervenants. Même si ces guides comprenaient un certain nombre de questions communes pour s'assurer que tous les participants donnent leur impression sur les mêmes questions, il y avait un guide distinct pour chaque groupe avec des questions adaptées aux intérêts particuliers de chacun. Par exemple, il y avait dans tous les guides des questions sur le besoin d'un laboratoire comme TRIUMF, mais les questions sur le mode de prestation des services et sur leur efficacité se trouvaient seulement dans le guide des entretiens avec les membres du personnel et de la direction de TRIUMF. Les participants avaient obtenu un exemplaire du guide avant l'entretien pour qu'ils aient le temps de réfléchir à leurs réponses.

Les données recueillies au cours des entretiens ont été analysées par question et par thème, ce qui a permis de dresser une liste des thèmes communs et de détecter les nuances dans les réponses fournies.

Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

Un sondage en ligne a été effectué afin d'analyser l'efficacité, la pertinence et l'efficacité de TRIUMF du point de vue de ses utilisateurs. Le questionnaire était calqué sur celui du sondage utilisé lors de l'évaluation précédente afin d'être en mesure de détecter, le cas échéant, l'évolution à long terme de certaines tendances.

Avant l'envoi des questionnaires du sondage, TRIUMF a fait parvenir une note aux utilisateurs du laboratoire afin de leur confirmer qu'il s'agissait d'un sondage légitime et d'encourager la participation. L'équipe d'évaluation du CNRC a ensuite envoyé par courriel une invitation en bonne et due forme contenant un lien vers le questionnaire.

Des liens ont été envoyés à tous les utilisateurs non commerciaux de TRIUMF (n=653), mais 19 invitations ne sont pas parvenues à leur destinataire en raison d'erreur dans l'adresse ou parce que le compte de courriel n'existait plus. Par conséquent, 634 personnes ont reçu le questionnaire du sondage. Comme 179 questionnaires ont été remplis, le taux de réponse est de 28 %.

Les répondants au sondage étaient des représentants d'entités canadiennes (37 %) et étrangères (59 %), soit des universités, des organismes publics et des entreprises. Les 4 % de répondants restants n'ont pas précisé leur appartenance. Une ventilation plus poussée des répondants est fournie ci-dessous :

| | | |
|---|--------------------------------------|------|
| % de répondants actifs dans les disciplines suivantes : | Physique nucléaire | 47 % |
| | Science des matériaux | 22 % |
| | Physique des particules | 17 % |
| | Autre | 7 % |
| | Médecine nucléaire | 4 % |
| | Physique des accélérateurs | 3 % |
| % des répondants qui représentent : | Université étrangère | 41 % |
| | Université canadienne | 36 % |
| | Organisme d'un gouvernement étranger | 17 % |
| | Autre | 3 % |
| | Organisme du gouvernement du Canada | 1 % |
| | Industrie étrangère | 1 % |
| | Pas de réponse | 1 % |

| | | |
|--|--|------|
| Nombre de répondants qui se sont identifiés comme étant :* | Une femme | 34 |
| | Une personne appartenant à une minorité visible | 13 |
| | Un immigrant récent | 11 |
| | Une personne de genre diversifié | 3 |
| | Un Autochtone | 2 |
| | Une personne handicapée | 1 |
| % de répondants dont l'occupation actuelle est la suivante : | Professeur/personnel universitaire | 50 % |
| | Étudiant diplômé | 24 % |
| | Boursier postdoctoral | 17 % |
| | Autre | 4 % |
| | Étudiant de premier cycle | 3 % |
| | Employé d'une entreprise | 3 % |
| | Membre élu d'un comité scientifique | 3 % |
| | Chercheur pour un organisme de recherche médicale canadien | 2 % |
| | Membre élu du conseil d'administration d'un organisme scientifique | 2 % |
| | Pas de réponse | 1 % |

Source : Sondage auprès des utilisateurs de TRIUMF

*La question était facultative et par conséquent, ce ne sont pas tous les participants qui y ont répondu.

Examen international par les pairs

Un Comité international d'examen par les pairs (CIEP) s'est réuni dans les installations de TRIUMF du 13 au 15 novembre 2018 pour évaluer le rendement du laboratoire pendant la période visée par l'évaluation (de 2013-2014 à 2018-2019) et commenter le plan stratégique quinquennal proposé par TRIUMF pour la période allant de 2020 à 2025. Le CIEP était constitué de sept personnes, dont 6 possédaient des compétences dans un domaine de recherche principal différent de TRIUMF et une possédait un savoir-faire en commercialisation. Les candidats membres du Comité avaient été identifiés et leur candidature avait été validée par un ensemble de sources, dont le CNRC et TRIUMF. Par ailleurs, un processus a aussi été suivi afin de détecter toute possibilité de préjugé ou de conflit d'intérêts.

Avant la visite sur place du Comité international d'examen par les pairs, les membres avaient reçu les constatations préliminaires de l'évaluation ainsi que d'autres documents à l'appui, notamment le plan stratégique proposé par TRIUMF pour la période allant de 2020 à 2025, le curriculum vitæ d'employés clés de TRIUMF et un survol des grands projets en cours. On avait demandé au Comité de produire une évaluation préliminaire en s'appuyant sur l'examen de ces documents. Ces évaluations ont fait l'objet d'une discussion au cours d'une conférence téléphonique tenue le 31 octobre 2018. Cette conférence téléphonique a aussi permis de

dresser la liste des renseignements additionnels dont avait besoin le Comité, ainsi que de définir les questions initiales que le CIEP souhaitait poser à TRIUMF. L'examen sur place du Comité international d'examen par les pairs a duré 3 jours et a inclus une série de présentations par des employés de TRIUMF ainsi que des périodes de questions et réponses, une visite des installations de TRIUMF et une séance de présentation d'affiches par des étudiants. Au cours de la dernière journée de la visite, le Comité a communiqué ses constatations à TRIUMF et à la vice-présidente, Technologies émergentes, du CNRC. Il a ensuite amorcé la rédaction de son rapport.

Après la visite sur place, le CIEP, avec à sa tête son président, a rédigé un rapport faisant état de ses recommandations. Ce rapport a été révisé par TRIUMF et par le Bureau de la vice-présidente du CNRC afin d'établir l'exactitude des faits qui y sont mentionnés. Les constatations du CIEP ont ensuite été intégrées au présent rapport d'évaluation.

Annexe C – Composition du Comité international d'examen par les pairs

| | Nom | Poste | Établissement/organisation |
|------------|--------------------|--|--|
| Présidente | Julia Phillips | Ancienne administratrice (à la retraite) | Sandia National Laboratories |
| Membre | Hugh Montgomery | Ancien administrateur (à la retraite) | Thomas Jefferson National Accelerator Facility |
| Membre | Lisa Cechetto | Directrice générale | WORLDiscoveries |
| Membre | Osamu Kamigaito | Administrateur du groupe des accélérateurs | RIKEN Nishina Centre |
| Membre | Patricia McBride | Directrice, Division de la physique des particules | Fermilab |
| Membre | Roger Alberto | Professeur, département de chimie | Université de Zurich |
| Membre | Samuel David Bader | Scientifique en chef, Centre for Nanoscale Materials | Argonne National Laboratory |