

# Évaluation du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture du CNRC

Rapport final

Le 8 janvier 2018

**Préparé par :**

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

**Approbation**

Ce rapport a été approuvé par le président du CNRC le 8 janvier 2018.

## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Acronymes et abréviations .....</b>	<b>ii</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>iii</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Profil du Centre de recherche sur les Technologies de sécurité et de rupture .....</b>	<b>2</b>
2.1 Structure du Centre de recherche et de ses programmes .....	2
2.2 Ressources des centres de recherche .....	5
<b>3. Constatations.....</b>	<b>7</b>
3.1 Besoin d'activités de recherche-développement .....	7
3.2 Excellence scientifique.....	9
3.3 Excellence des installations .....	14
3.4 Mobilisation des clients et des parties intéressées et développement d'un écosystème 17	
<b>4. Conclusions et recommandations.....</b>	<b>23</b>
<b>5. Réponse de la direction.....</b>	<b>26</b>
Annexe A : Membres du Comité d'examen par les pairs et programme de visite des lieux ..	A-1
Annexe B : Méthodologie .....	B-3
PortéeB-3	
Méthodologie.....	B-3
Tâches du Comité d'examen par les pairs .....	B-4
Limites de l'étude .....	B-5
Annexe C : Modèle logique du Centre de recherche sur les TSR .....	C-1

## ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

---

BVE	Bureau de la vérification et de l'évaluation
CEP	Comité d'examen par les pairs
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
CST	Centre de la sécurité des télécommunications
CTCMS	Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité
EI	Électronique imprimable
EPA	Électronique et photonique avancées
EPI	Équipement de protection individuelle
FIRM	Facteurs d'impact relatifs moyens
ICRA	Institut canadien de recherches avancées
IRC	Impact relatif moyen des citations
JASLab	Laboratoire mixte pour la science de l'attoseconde (JASLab)
MDN	Ministère de la Défense nationale
NMT	Niveau de maturité technologique
NTC	Nanotubes de carbone
NTNB	Nanotube de nitrure de bore
PICC	Programme d'innovation Construire au Canada
PQADS	Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité
Q-STAC	Quantum Security Technology Access Centre
R-D	Recherche-développement
RDDC	Recherche et développement pour la défense Canada
TIC	Technologies de l'information et des communications
TMS	Technologies des matériaux de sécurité
TSR	Technologies de sécurité et de rupture
VB	Véhicule blindé

## RÉSUMÉ

---

Le présent rapport présente les résultats de l'évaluation du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture (TSR) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC)<sup>1</sup>. Créé en 2012, le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture vise principalement à catalyser le leadership du Canada à l'échelle mondiale concernant certaines technologies émergentes et de rupture à plus long terme qui présentent une importance stratégique pour l'économie canadienne<sup>2</sup>. Pendant la période visée par l'évaluation (exercices de 2012-2013 à 2016-2017), le Centre de recherche sur les TSR comprenait deux programmes du CNRC : Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité (PQADS) et Technologies des matériaux de sécurité (TMS). Cette démarche a permis d'évaluer la pertinence et la performance du Centre de recherche sur les TSR ainsi que celles de ses deux programmes.

Les principales constatations pour chaque question d'évaluation ont été résumées et sont présentées ci-après. Le cas échéant, les constatations sont présentées pour le Centre de recherche sur les TSR dans son ensemble, ainsi que pour les programmes PQADS et TMS séparément.

### **Constatations clés : Besoin d'activités de recherche-développement**

- Le programme PQADS répond à un besoin dans le domaine de la recherche et du développement photonique quantique, étant donné que les technologies quantiques devraient avoir un impact important sur les industries à l'avenir.
- Le programme TMS répond aux besoins des parties intéressées dans le domaine de la recherche-développement sur les matériaux avancés, mais pas à son plein potentiel.

### **Constatations clés : excellence des recherches scientifiques**

- Le travail des chercheurs du Centre de recherche est supérieur à la moyenne mondiale sur le plan de l'incidence relative de leurs publications; ces derniers sont reconnus à l'échelle nationale et internationale pour leur excellence en recherche.
- Le Centre de recherche a réussi à transformer des résultats de recherche en technologies prometteuses.
- Le programme PQADS dirige des recherches de calibre mondial dans le domaine de la science de l'attoseconde. De plus, les recherches menées dans les domaines de la photonique moléculaire, du point quantique et de la microscopie sont jugées impressionnantes.
- Le programme TMS dirige des recherches de calibre mondial dans le domaine du développement et de l'application des nanotubes de nitrure de bore (NTNB). Toutefois, ces efforts n'ont pas été visibles au sein de la communauté scientifique ces dernières années.

---

<sup>1</sup> Au 1<sup>er</sup> octobre 2017, les portefeuilles du CNRC ont été renommés centres de recherche. Afin d'éviter la confusion, nous utiliserons « centre de recherche » dans l'ensemble du rapport.

<sup>2</sup> Technologies de sécurité et de rupture, Plan stratégique 2014-2019, Conseil national de recherches du Canada, novembre 2014.

### **Constatations clés : excellence des installations**

- La plupart des installations de recherche en photonique quantique du programme Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité (PQADS) sont de calibre mondial. Le manque d'accès à un calcul de haute performance constitue une faiblesse.
- Les installations de nanotechnologie utilisées par le programme TMS ont été jugées comparables à celles d'autres institutions nationales travaillant dans ce domaine de la recherche, sauf en ce qui a trait à la production de nanotubes de nitrure de bore, un élément jugé unique.
- L'absence d'une installation de mise à l'échelle restreint la capacité du programme TMS de saisir des occasions de transfert de technologie.

### **Constatations clés : mobilisation des clients et des parties intéressées et élaboration d'un écosystème**

- Si, dans l'ensemble, les clients et les parties intéressées se disent très satisfaits de leurs relations avec le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture et ils ont indiqué une bonne harmonisation avec leurs objectifs à long terme, il reste que leurs besoins immédiats et les attentes en matière de commercialisation n'ont pas toujours été satisfaits.
- Le niveau de mobilisation des parties intéressées, mesuré par l'ampleur des intervenants mobilisés, dans le domaine quantique au Canada a été jugé supérieur à la moyenne.
- Des préoccupations ont été soulevées concernant le niveau de mobilisation du programme PQADS auprès des entités pouvant aider à combler l'écart entre les découvertes scientifiques et la commercialisation.
- Même si, au fil du temps, on s'attendait à ce que le programme TMS mobilise davantage l'industrie, on ne peut que constater que le programme n'a pas encore atteint ce résultat et qu'il continue de compter sur RDDC à titre de principal client.
- Le programme TMS a élaboré avec succès de la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité (CTCMS); cependant, les données de mise en œuvre sont limitées au-delà du partage d'information.

### **Conclusions et recommandations**

L'évaluation des TSR a montré que, dans l'ensemble, le centre de recherche, par l'entremise de ses deux programmes, répond aux besoins des clients et entraîne des répercussions scientifiques. Des efforts ont été entrepris en vue de mobiliser les principales parties intéressées au moyen des initiatives Quantique Canada et CTCMS. La mise au point de technologies se situe aux premières étapes et présente certaines difficultés pour l'avenir, ce qui n'a rien de surprenant, étant donné que le centre de recherche mène des activités se situant à des niveaux de maturité technologique (NMT) bas.

En ce qui a trait à chacun des programmes, le comité d'examen par les pairs a formulé les recommandations suivantes qui ont été abrégées pour les fins du présent résumé (on trouvera

la formulation complète des recommandations à la Section 4 du rapport). Dans chaque cas, la recommandation est suivie de la réponse de la direction.

### **Recommandations pour le programme PQADS**

**Recommandation 1** : Formuler une stratégie pour assurer le maintien du statut de calibre mondial des recherches fondamentales effectuées dans le cadre du programme.

#### **Réponse de la direction : La recommandation est acceptée.**

Le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture formulera une stratégie qui comprend notamment ce qui suit :

A1. Explorer les possibilités d'établir un centre de collaboration du CNRC avec le Perimeter Institute à Waterloo.

A2. Conserver les postes de professeurs adjoints existants et chercher à obtenir des postes de professeurs adjoints supplémentaires dans les universités canadiennes.

B. Examiner des modèles de recherche collaborative tels que le JILA.

C. Explorer les possibilités d'accès au calcul de haute performance et sélectionner une option ou plusieurs de ces options, le cas échéant.

D. Formuler un plan de relève pour combler les départs à la retraite à venir des principaux chercheurs.

**Recommandation 2** : Créer une stratégie et un plan d'exécution pour le Centre d'accès à la technologie de sécurité quantique (ou Q-STAC, pour *Quantum Security Technology Access Centre*) afin de maximiser les retombées de la collaboration entre le CNRC et les autres ministères, l'industrie et le milieu universitaire.

#### **Réponse de la direction : La recommandation est acceptée.**

Le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture établira une stratégie et un plan d'exécution pour le Centre d'accès à la technologie de sécurité quantique dans le cadre de la proposition concernant la prochaine itération du programme PQADS (le programme fondateur de science quantique [Quantum Foundational Program]).

**Recommandation 3** : Formuler une stratégie pour faire progresser les technologies dans les domaines de la sécurité, des ressources et de la détection environnementale.

#### **Réponse de la direction : La recommandation est acceptée.**

La proposition des responsables du programme fondateur de science quantique comprendra une stratégie de perfectionnement des technologies.

## **Recommandations pour le programme Technologies des matériaux de sécurité**

**Recommandation 4 :** Mettre davantage l'accent sur la recherche fondamentale menée dans le cadre du programme en tant qu'exigence fondamentale pour la mise au point de matériaux avancés.

**Réponse de la direction : La recommandation est acceptée.**

La prochaine itération du programme TMS sera celle du programme fondateur des matériaux adaptatifs et intelligents (MAI) qui mettra davantage l'accent sur des activités dont le niveau de maturité technologique est bas.

A1. Le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture conservera les postes de professeurs adjoints existants et cherchera à obtenir des postes de professeurs adjoints supplémentaires dans les universités canadiennes.

A2. Le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture aura des étudiants qui travailleront avec le personnel auxiliaire.

B. Comme indiqué dans la Recommandation 1C : Examiner les possibilités d'accès au calcul de haute performance et choisir une option ou plusieurs de celles-ci, le cas échéant.

C. Poursuivre la collaboration sur les nanotubes de nitrure de bore pour obtenir des sources uniques de photon. Des occasions seront étudiées dans le cadre des propositions de projets technologiques de programme annuels qui ont lieu au premier trimestre de chaque année.

**Recommandation 5 :** Recentrer les efforts de transfert des technologies, selon les sources disponibles et le cycle de vie du programme.

**Réponse de la direction : La recommandation est acceptée.**

A. Explorer la possibilité de cofinancer l'installation de mise à l'échelle avec RDDC et les fournisseurs d'instruments. Si le cofinancement n'est pas faisable, les responsables des TMS reverront les objectifs du programme et la stratégie de transfert des technologies.

B1. Discussions avec les centres de recherche sur l'automobile et les transports de surface et l'aérospatiale pour déterminer les technologies pertinentes à transférer.

B2. Continuer d'examiner des approches novatrices pour travailler avec l'industrie afin de favoriser la mise au point et le transfert des technologies.

B3. Revoir le type et le niveau de soutien organisationnel spécialisé requis pour effectuer le transfert de technologies et le développement des affaires et établir une stratégie renouvelée.

**Recommandation 6 :** Élargir la clientèle du programme au-delà de RDDC, en particulier avec la communauté des utilisateurs finaux, le cas échéant.

**Réponse de la direction : La recommandation est acceptée.**



A1. Explorer les possibilités d'expansion des activités avec les clients existants (p. ex., Dew, Nortrax et Mawashi) et poursuivre ses activités commerciales élargies avec Tekna.

A2. Mobiliser davantage les participants à la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité dans toute la chaîne de valeur des matériaux avancés, par l'intermédiaire d'ateliers et d'engagements directs avec les entreprises.

B. Explorer d'autres applications et évaluer comment les technologies développées peuvent être utilisées au-delà de l'industrie de la défense et chercher de nouveaux clients potentiels.

# 1. INTRODUCTION

---

Le présent rapport présente les résultats de l'évaluation du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture (TSR) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC)<sup>3</sup>, notamment ceux de l'examen de chacun de ses deux programmes : Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité (PQADS) et Technologies des matériaux de sécurité (TMS). Le Centre de recherche sur les TSR a été sélectionné en vue d'être évalué à la suite de consultations tenues avec la haute direction du CNRC et les activités ont été menées conformément au plan d'évaluation approuvé par le Conseil. Le Centre de recherche n'avait jamais fait l'objet d'une évaluation depuis son inauguration en 2012. L'évaluation vise la période de l'exercice de 2012-2013 à celui de 2016-2017.

L'évaluation a été menée par une équipe d'évaluation indépendante du Bureau de la vérification et de l'évaluation (BVE), avec l'appui d'un expert-conseil. La méthodologie d'évaluation comprenait notamment un nombre limité de sources de données, en accord avec le niveau relativement faible de risque<sup>4</sup> attribué à l'évaluation à l'étape de la planification. La méthodologie comprenait notamment les sources de données suivantes :

- Examen des documents
- Analyse des données financières, administratives et sur le rendement.
- Entrevues avec des informateurs clés (personnel/direction à l'interne  $n = 19$ , partenaires/parties intéressées à l'externe  $n = 15$ )
- Évaluation des marchés

Les renseignements recueillis au moyen de ces sources de données ont été transmis à un Comité d'examen par les pairs (CEP) formé de sept experts du Canada et des États-Unis possédant une expertise dans les principaux domaines de recherche sur les TSR. Les membres du CEP ont étudié les renseignements, préparé une évaluation préliminaire et effectué une visite des lieux au Conseil national de recherches à Ottawa. On trouvera à l'annexe A la liste des membres du comité et le programme de la visite. Pour une description plus détaillée de la méthodologie d'évaluation et de ses limites, veuillez consulter l'annexe B.

Le rapport d'évaluation est structuré comme suit :

- La section 2 décrit le profil du Centre de recherche sur les TSR et de ses programmes
- La section 3 présente les constatations de l'étude d'évaluation par thème
- La section 4 présente les conclusions générales et les recommandations
- La section 5 expose les réponses de la direction à ces recommandations et les mesures qui en résulteront

---

<sup>3</sup> Au 1<sup>er</sup> octobre 2017, les portefeuilles du CNRC ont été renommés centres de recherche. Afin d'éviter la confusion, nous utiliserons « Centre de recherche » dans l'ensemble du rapport.

<sup>4</sup> Le faible niveau de risque prend en considération la faible importance relative du centre de recherche et de ses programmes, les préoccupations minimales exprimées par la haute direction lors de l'étape de la planification, et la nature des travaux de recherche qui y sont effectués (c.-à-d., faible niveau de maturité technologique, horizon à long terme).

## 2. PROFIL DU CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TECHNOLOGIES DE SÉCURITÉ ET DE RUPTURE

---

### 2.1 Structure du Centre de recherche et de ses programmes

Créé en 2012, le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture (TSR) vise principalement à catalyser le leadership du Canada à l'échelle mondiale concernant certaines technologies émergentes et de rupture à plus long terme, qui présentent une importance stratégique pour l'économie canadienne.<sup>5</sup> Le mandat du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture vise à faire progresser les technologies d'un niveau de maturité technologique de faible à modéré, et ce, afin de réduire le risque lié aux premiers stades de la mise au point de plateformes technologiques stratégiques et de transférer les technologies aux partenaires collaborateurs qui dirigent des programmes de niveau de maturité technologique supérieur.

Pour atteindre ses objectifs, le Centre de recherche collabore avec d'autres centres de recherche du CNRC ainsi qu'avec des partenaires et des clients externes, comme les organisations régionales de recherche technologique, d'autres ministères, des établissements universitaires et l'industrie. Ainsi, il travaille à déterminer et à créer des programmes axés sur les applications qui accélèrent le développement de plateformes technologiques omniprésentes les plus pertinentes pour le Canada. Les marchés ciblés actuellement par le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture comprennent les technologies de l'information et des communications (TIC), l'énergie et l'environnement, ainsi que la défense et la sécurité. On trouvera à l'annexe C un modèle logique qui décrit les activités et les résultats prévus du centre de recherche.

Le Centre de recherche, à l'instar d'autres centres de recherche du CNRC, est responsable de la conception et du maintien de compétences techniques chez les personnes et dans les installations qui sont ensuite déployées dans les programmes du CNRC pour obtenir des résultats. Si les programmes ont une échéance bien déterminée et une perspective stratégique claire, les centres de recherche ont en revanche une durée de vie plus longue et ne cessent d'exister que si les objectifs opérationnels stratégiques du CNRC connaissent un changement fondamental. Pendant toute la durée de l'évaluation, le Centre de recherche a exploité deux programmes, et chacun a mené des activités précises dans divers domaines de recherche. Le Centre de recherche a aussi appuyé l'axe des matériaux du programme Électronique imprimable, lequel est exploité par le Centre de recherche en électronique et photonique avancées (EPA)<sup>6</sup>.

#### 2.1.1 Programme Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité (PQADS)

##### Objectifs et activités du programme

Lancé en 2014, le programme PQADS est un programme d'une durée de sept ans qui vise à permettre à l'industrie de la photonique du Canada de se ménager une part de marché dominante sur le marché mondial dans des segments pointus en mettant au point des solutions quantiques innovatrices axées sur la photonique en réponse aux difficultés posées par la cyber sécurité, la mesure des ressources naturelles et la mesure de la sécurité<sup>7</sup>. Le centre d'intérêt principal du programme est l'élaboration d'une plateforme photonique quantique, incluant des technologies à

---

<sup>5</sup> Technologies de sécurité et de rupture, Plan stratégique 2014-2019, Conseil national de recherches du Canada, novembre 2014.

<sup>6</sup> Avant le 1<sup>er</sup> octobre 2017, le centre de recherche en EPA était connu sous le nom de portefeuille des technologies de l'information et des communications.

<sup>7</sup> Plan des activités du programme Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture du CNRC, 20 septembre 2013.

faible niveau de maturité technologique dans le domaine de la détection photonique quantique, des sources et des matériaux, à l'appui de la mise au point d'une technologie d'un niveau de maturité technologique supérieur dans les applications de détection et de sécurité. Plus précisément, l'objectif du programme est d'appuyer la mise au point de technologies qui profitent directement à l'industrie canadienne dans les trois domaines suivants :

1. **Cybersécurité pour le secteur de la technologie de l'information et des communications (TIC)** : élaboration de nouveaux systèmes pour les réseaux de cybersécurité quantique ultra sécurisés pour le chiffrement des communications et le traitement de l'information pour les gouvernements et les institutions financières.
2. **Détection pour le secteur de la défense et de la sécurité** : développement de technologies de spectroscopie non linéaire et à fibres pour diverses applications dans les domaines de la défense, de la sécurité et militaire, comme pour la détection rapide de produits chimiques dangereux (p. ex., explosifs et matières fissiles).
3. **Imagerie moléculaire quantique pour le secteur de l'énergie et de l'environnement (p. ex., exploitation minière, pétrolière et gazière)** : développement de technologies de détection par fibre optique en vue de l'extraction et du traitement des ressources naturelles.

En plus des activités de recherche-développement, le programme PQADS s'intéresse, de concert avec des intervenants clés du milieu universitaire, de l'industrie et du gouvernement, à l'élaboration d'une stratégie nationale des sciences quantiques (stratégie « Quantique Canada »). Une telle stratégie permettra de « polariser les intérêts nationaux du Canada dans le domaine quantique, de faire progresser les investissements en recherche et de contribuer au maintien, voire au renforcement de l'avantage dont le Canada dispose actuellement dans les technologies quantiques, et ce, dans une perspective de prospérité à long terme ».<sup>8</sup>

### 2.1.2 Programme Technologies des matériaux de sécurité (TMS)

#### Objectifs et activités du programme

Le programme Technologies des matériaux de sécurité (TMS) a été lancé en 2013 et est dirigé conjointement par le CNRC et Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC)<sup>9</sup>. Le programme a été créé pour soutenir la mise au point de systèmes de protection contre le souffle et les éclats à rendement élevé, rentables et légers, en insistant tout particulièrement sur l'équipement de protection individuelle (EPI) et les produits pour véhicules blindés (VB). L'objectif du programme est de développer et de transférer à l'industrie des matériaux et des systèmes blindés rentables permettant de réaliser des gains d'efficacité sur le plan de la masse (c.-à-d. niveau de protection en fonction de la masse unitaire) d'au moins 25% supérieurs à ceux des systèmes existants.

Les activités de R-D du programme TMS sont réparties en quatre axes qui visent à soutenir les partenaires qui exercent leurs activités dans le secteur de la défense et de l'industrie, plus précisément dans l'industrie des matériaux de sécurité. Les développements réalisés par le premier axe alimentent le deuxième, et par la suite, le troisième et le quatrième axe :

<sup>8</sup> *Quantique Canada*, Conseil national de recherches du Canada (CNRC). (2017). Extrait de la page [https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/solutions/collaboration/quantique/quantique\\_canada.html](https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/solutions/collaboration/quantique/quantique_canada.html)

<sup>9</sup> Le programme TMS est régi par un comité mixte CNRC-RDDC sur les systèmes blindés et bénéficie du soutien du CNRC et de RDDC, et des directives du comité directeur de la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité (CTCMS), du ministère de la Défense nationale (MDN) et des Forces armées canadiennes (FAC).

**Axe 1 — Élaboration d'une plateforme pour la technologie des matériaux de pointe :**

élaboration et validation du potentiel de transformation de matériaux et des technologies dérivées; démonstration de la production en usine pilote pour déterminer si les progrès réalisés en laboratoire peuvent être convertis en fabrication à grande échelle. L'Axe 1 du programme se concentre en priorité sur la production de nanotubes de carbone (NTC) et de nitrure de bore (NTNB).

**Axe 2 — Produits de matériaux d'ingénierie :** élaboration de matériaux de haute complexité et à rendement élevé en vue du développement de structures et de systèmes blindés pour les équipements de protection individuelle et les véhicules blindés.

**Axe 3 — Produits pour les EPI :** mise au point de matériaux, d'architectures de matériaux et de technologies de fabrication nouveaux et à rendement élevé pour les applications liées aux EPI (p. ex., pièces rapportées anti projectiles, vestes, visières et casques de combat).

**Axe 4 — Produits pour véhicules blindés :** mise au point d'un blindage composite passif qui peut être ajouté sur les panneaux latéraux des véhicules blindés militaires ou civils canadiens existants, et d'un blindage transparent passif qui peut servir au remplacement d'un blindage transparent existant sur les véhicules militaires (p. ex., pare-brise, fenêtres latérales).

Les activités de sensibilisation du programme TMS ont porté principalement sur l'élaboration de la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité (CTCMS) du Canada, en collaboration avec RDDC et d'autres partenaires de l'industrie. La Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité a pour but d'accélérer l'innovation, la compétitivité et la productivité dans le secteur canadien des technologies des matériaux de sécurité.<sup>10</sup>

**2.1.3 Axe des matériaux du programme Électronique imprimable (EI)**

Le programme-phare Électronique imprimable a été lancé au début de 2012 pour faciliter et promouvoir l'adoption précoce des nouvelles technologies liées à l'électronique imprimable par les intervenants de l'industrie canadienne. L'une des principales activités du programme a consisté à collaborer avec des intervenants de l'industrie de pointe qui s'intéressent à électronique imprimable, principalement par l'entremise du consortium de l'électronique imprimable du CNRC, afin d'effectuer de la R-D stratégique collaborative pour développer des technologies liées à l'électronique imprimable. Plus précisément, le programme Électronique imprimable effectue de la R-D dans trois domaines :

- **Matériaux fonctionnels :** encre conductrice et semi-conductrice, processus évolutifs
- **Appareils fonctionnels :** circuits logiques, mémoire, conducteurs, identification par radiofréquence (IRF) et communication en champ proche (CCP)
- **Impression fonctionnelle :** caractéristiques optiques interactives et innovatrices pour l'impression de sécurité

La priorité initiale du programme consistait à mettre au point des solutions en électronique imprimable pour les industries du conditionnement et de l'impression commerciale et de sécurité; toutefois, à la suite d'un processus de réévaluation en 2015, le programme vise désormais cinq marchés verticaux : la technologie portable, le conditionnement, les matériaux de pointe, l'impression de sécurité et la construction et les immeubles intelligents.

---

<sup>10</sup> Feuille de route des technologies des matériaux de sécurité. Conseil national de recherches Canada (CNRC). (2016). Rapport complet : <https://www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/Presentations/SMTRMreport/SMTRMReportENfinal20161124.pdf>

Le personnel du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture a contribué aux activités de R-D sur l'électronique imprimable dans le domaine des matériaux de pointe, plus particulièrement les encres fonctionnelles, qui visent à améliorer le rendement et la fabricabilité d'encres conductrices, semi-conductrices, diélectriques et de détection. Deux technologies sont en cours d'élaboration par le programme Électronique imprimable dans le domaine des encres fonctionnelles : encres et dispositifs pour nanotubes de carbone simple paroi (SWCNT) et plateformes d'encres conductrices pour l'électronique imprimable.

## 2.2 Ressources des centres de recherche

### 2.2.1 Ressources humaines

Entre 2013 et 2017, le nombre d'employés de la R-D<sup>11</sup> au Centre de recherche sur les TSR est demeuré stable et se situait autour de 65; près des deux tiers de ces employés sont titulaires d'un doctorat. Dans l'ensemble, le centre de recherche emploie environ 83<sup>12</sup> employés.

Le personnel du Centre de recherche sur les TSR est réparti entre sept équipes qui relèvent chacune d'un chef d'équipe. Les équipes sont déployées de manière à soutenir les programmes du centre de recherche de même que les projets à l'intérieur de ces programmes. Voici les domaines de spécialisation :

- Science de l'attoseconde
- Photonique à fibres
- Nanomatériaux optiques et électroniques
- Nanocomposites
- Théorie quantique
- Photonique moléculaire
- Information quantique

En plus de ses propres ressources, le Centre de recherche sur les TSR a reçu des effectifs en provenance d'autres centres de recherche à l'appui de ses activités.

*Entre les années financières 2013-2014 et 2016-2017, plus des trois quarts de l'effectif qui travaillait au Centre de recherche sur les TSR (78 %) étaient du personnel interne (autrement dit, qui appartenait au TSR) et 22 % étaient du personnel externe au centre de recherche.*



Source : Système de données financières du CNRC

<sup>11</sup> Le personnel de la R-D comprend notamment des agents de recherche, des agents du Conseil de recherches, des agents techniques et des attachés de recherche.

<sup>12</sup> Le nombre total d'employés fluctue pendant l'année, compte tenu de l'embauche d'étudiants.

Pendant la période des exercices de 2013-2014 à 2016-2017, le Centre de recherche sur les TSR s'est classé en tête des centres de recherche pour le pourcentage de chercheurs qu'il recevait d'autres centres de recherche et en deuxième place (après le centre de recherche sur l'énergie, les mines et l'environnement) pour le pourcentage de chercheurs qu'il fournissait à d'autres centres de recherche.

## 2.2.2 Installations

Les installations du centre de recherche, situées à Ottawa, ont été conçues en vue d'améliorer la compréhension des interactions entre la lumière et la matière (utilisées par le programme PQADS) ainsi que pour permettre la fabrication et le prototypage pour des applications liées aux matériaux de pointe, notamment la nanotechnologie (utilisées par le programme TMS). On trouvera à la section 3.3 plus de renseignements sur les installations utilisées par les programmes PQADS et TMS.

## 2.2.3 Ressources financières

Entre les exercices de 2012-2013 et de 2016-2017, le Centre de recherche sur les TSR a généré environ 11,37 millions de dollars en recettes, et 70 % de ce montant provenait de la prestation de services de recherche stratégique<sup>13</sup>.

Type de service	Année financière					Total
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	
Services techniques	0,78 M\$	0,58 M\$	0,49 M\$	0,84 M\$	0,78 M\$	3,47 M\$
Recherche stratégique	1,85 M\$	1,59 M\$	1,39 M\$	1,44 M\$	1,63 M\$	7,90 M\$
<b>Total</b>	<b>2,63 M\$</b>	<b>2,17 M\$</b>	<b>1,88 M\$</b>	<b>2,28 M\$</b>	<b>2,42 M\$</b>	<b>11,37 M\$</b>

Source : Système de données financières du CNRC.

Les dépenses associées aux projets du Centre de recherche sur les TSR se sont chiffrées au total à environ 50,6 millions de dollars entre les exercices de 2012-2013 et de 2016-2017. La presque totalité de ces investissements (88 %) a été affectée à des projets de recherche stratégique.

<sup>13</sup> Les services de recherche stratégique consistent en projets de recherche collaborative menés avec des partenaires afin de réduire le risque lié à la R-D et d'accélérer les échéanciers pour le développement commercial. Les services techniques, quant à eux, consistent en projets pour aider les clients à résoudre des problèmes techniques immédiats au moyen de la prestation de services de soutien spécialisés contre rémunération (mise à l'essai et certification, étalonnage, prototypage, démonstration, mise à l'échelle et service-conseil, etc.).

## 3. CONSTATATIONS

---

Les constatations de l'évaluation s'organisent autour des thèmes suivants :

- ▶ Besoin d'activités de recherche-développement
- ▶ Excellence scientifique
- ▶ Excellence des installations
- ▶ Mobilisation des clients et des parties intéressées et développement d'un écosystème

Les renseignements sont présentés pour le Centre de recherche sur les TSR dans son ensemble, ainsi que pour les programmes PQADS et TMS séparément, le cas échéant. Étant donné que le Centre de recherche sur les TSR fournit une équipe de chercheurs au programme Électronique imprimable, des renseignements sont également fournis sur ses contributions à la réalisation des résultats.

### 3.1 Besoin d'activités de recherche-développement

Étant donné que les centres de recherche sont harmonisés avec les objectifs opérationnels stratégiques du CNRC, tandis que les programmes sont d'une nature plus transitoire et, de ce fait, sont plus susceptibles de subir des changements, l'évaluation a porté sur le besoin continu de capacités en R-D que connaît le Centre de recherche sur les TSR au niveau des programmes. L'évaluation s'est fondée sur les résultats de l'examen des documents, des entrevues, sur une évaluation du marché ainsi que sur les opinions des experts du comité d'examen par les pairs.

#### 3.1.1 Programme PQADS

**Le programme DSPQ répond à un besoin dans le domaine de la recherche et du développement photonique quantique, étant donné que les technologies quantiques devraient avoir un impact important sur les industries à l'avenir.**

Le comité d'examen par les pairs (CEP) a confirmé que, dans le domaine de la photonique quantique, les besoins les plus importants en matière de développement de technologie se situent dans les sources et les détecteurs quantiques, les interfaces entre la lumière et la matière et les mémoires quantiques, des aspects qui sont tous couverts par le programme PQADS. De plus, d'importantes applications en optique non linéaire sont incluses dans la portée du programme.

Le comité d'examen par les pairs a également indiqué que dans le futur divers secteurs de l'économie canadienne auront besoin de technologies quantiques pour répondre à leurs besoins. Parmi les différentes technologies, la photonique quantique offre des approches prometteuses pour répondre aux besoins de trois secteurs importants : les technologies de l'information et des communications, la défense et la sécurité ainsi que l'énergie et l'environnement. On considère que le programme PQADS est en bonne position pour avoir des répercussions importantes dans ces secteurs étant donné qu'il existe au CNRC une masse critique de chercheurs et d'infrastructures pour se pencher sur les défis scientifiques et pour créer une collaboration unique entre les entreprises et les organisations canadiennes.



Même si les avantages pour la société qui sont associés aux applications commerciales potentielles sont nombreux pour les technologies quantiques, il reste qu'elles sont des technologies nouvelles, de rupture et dont le niveau de maturité technologique est bas. En conséquence, la R-D dans le domaine comporte un certain niveau d'incertitude et de risque, ce qui rend l'industrie prudente dans ses investissements<sup>14</sup>. Dans ces situations, le rôle du gouvernement devient important pour ce qui est de combler l'écart créé par les investissements du secteur privé en soutenant la recherche fondamentale et en menant des activités de R-D à haut risque et à faible niveau de maturité technologique<sup>15</sup>.

Nous avons eu des entretiens avec quelques personnes à l'interne et à l'externe, et ces dernières étaient d'avis que, même si la recherche est prometteuse, il ne faut pas s'attendre à des percées avant plusieurs années encore, et peut-être pas dans les limites de l'échéancier du programme. Ces réflexions ont été reprises par les membres du CEP qui ont indiqué que les analyses de rentabilisation et scientifiques sont claires, mais aussi qu'elles sont définitivement à long terme. En conséquence, ils estimaient qu'il est peut-être trop tôt pour accroître les activités liées au niveau de maturité technologique pour que cela entraîne des répercussions sur l'économie canadienne. L'exception se situe dans le domaine des ressources et de la détection environnementale et de sécurité, où le programme a développé des technologies qui ont atteint un niveau de maturité technologique supérieur, et qui sont susceptibles d'entraîner des répercussions dans les limites de l'échéancier du programme.

### **3.1.2 Programme Technologies des matériaux de sécurité (TMS)**

**Le programme TMS répond aux besoins des parties intéressées dans le domaine de la recherche et du développement sur les matériaux avancés, mais pas à son plein potentiel.**

Des documents du gouvernement indiquent que les militaires canadiens ont besoin que l'on corrige des lacunes et que l'on relève des défis techniques associés aux systèmes de blindage existants pour le personnel et les véhicules.<sup>16</sup> Même si la documentation admet que les systèmes de blindage existants sont efficaces (pour stopper effectivement les projectiles conformément aux spécifications), des études<sup>17</sup> ont montré divers problèmes associés aux conceptions des systèmes de blindage pour le personnel et les véhicules, plus particulièrement dans le contexte des applications militaires. À titre d'exemple :

- L'équipement de protection individuelle (EPI) (ou gilet de protection balistique) d'un soldat, qui comprend habituellement des plaques de céramique, est lourd. Il ajoute un poids significatif à la charge totale transportée et peut restreindre la mobilité. Des études ont aussi montré que les lourdes charges transportées ou portées à même le corps peuvent entraîner plus rapidement la fatigue et un stress accru sur le système musculo-squelettique, ce qui peut produire un risque plus élevé de blessure.

<sup>14</sup> The Quantum Age: Technological Opportunities, United Kingdom Government Office of Science, 2016.

<sup>15</sup> The Pivotal Role of Government Investment in Basic Research, Joint Economic Committee, 2010; Public Research Policy, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) 2012.

<sup>16</sup> Measuring the Blast and Ballistic Performance of Armor, C.M. Roland et R.M. Gamache, Naval Research Laboratory, 2015, p. 1.

<sup>17</sup> On trouvera une revue d'études importantes à l'appui du besoin d'effectuer de la R-D dans le domaine des matériaux avancés dans le rapport technique sur l'examen de la documentation établi pour l'évaluation.

- En ce qui concerne les véhicules, le poids additionnel du blindage peut compromettre les capacités du véhicule, notamment sa manœuvrabilité, la consommation de carburant, la transportabilité ou la capacité d'intervention.

Le programme TMS a mis l'accent sur un besoin technologique précis dans le secteur de la défense. Ainsi, le programme a été créé pour soutenir le développement de systèmes de protection contre le souffle et les éclats à rendement élevé, rentables et légers, et en insistant tout particulièrement sur l'équipement de protection individuelle (EPI) et les produits pour véhicules blindés (VB)<sup>18</sup>.

Le comité d'examen par les pairs a constaté que les activités réalisées par le programme TMS sont entièrement complémentaires à celles qui sont effectuées à RDDC (le principal client du programme) et il existe une synergie évidente entre leurs activités de R-D. Le comité d'examen par les pairs a fait remarquer que le programme a choisi certains matériaux et applications spécifiques dans son analyse de rentabilisation et qu'il s'est concentré sur le développement dans ces secteurs. Les arguments présentés dans la documentation de fondation du programme demeurent valables.

Pour ce qui est de la mise en œuvre, toutefois, le comité d'examen par les pairs estimait que le programme ne s'était pas focalisé suffisamment sur le besoin de mener de la recherche fondamentale pour élargir les applications à d'autres secteurs que celui de la défense. Le volume actuel d'activités au niveau système exercées avec RDDC est peu élevé, et il existe un faible lien entre la recherche dont le niveau de maturité technologique est bas, et les démonstrations de haut niveau en raison de l'absence d'installation de mise à l'échelle (situation décrite de façon plus détaillée à la section 3.3.2).

## 3.2 Excellence scientifique

On a mesuré l'excellence scientifique globale du Centre de recherche sur les TSR au moyen d'une analyse bibliométrique de publications, de récompenses et de prix, de brevets et de licences. Au niveau des programmes, le comité d'examen par les pairs a évalué l'excellence scientifique en procédant à une revue de la documentation de base et en effectuant une visite des lieux.

### 3.2.1 Excellence scientifique — TSR

#### *Publications*

**Le travail des chercheurs sur les TSR est supérieur à la moyenne mondiale sur le plan de l'incidence relative de leurs publications.**

*Globalement, le Centre de recherche sur les TSR a obtenu des résultats supérieurs à la moyenne mondiale sur le plan de la qualité, de l'incidence scientifique et de l'excellence de ses publications durant la période de 2009 à 2014.*

<sup>18</sup> Technologies des matériaux de sécurité, Plan d'activités du programme, CNRC, 2013.

Dimension	Indicateur	Note
Qualité	Facteurs d'impact relatifs moyens (FIRM)	1,77
Impact scientifique	Impact relatif moyen des citations (IRC)	1,7
Excellence	Proportion de publications parmi les 10 % en tête des publications les plus citées	2,12

Source : Science Metrix (2016) *Analyse bibliométrique du rendement du CNRC dans les nouvelles technologies, 2003-2014.*

Remarque : Le FIRM (facteur d'impact relatif moyen) représente la moyenne des facteurs d'impact des revues dans lesquelles les articles du Centre de recherche sur les TSR sont publiés, comparativement à la moyenne pour tous les articles publiés la même année, dans la même spécialité. FIRM>1 signifie que les articles de TSR sont publiés dans des revues qui sont citées plus fréquemment que la revue moyenne.

L'IRC (impact relatif des citations moyen) correspond à la moyenne du nombre de citations que chacun des articles de TSR a obtenues, par rapport au nombre moyen de citations obtenues par les articles publiés la même année dans le monde, dans la même spécialité. IRC>1 signifie que les articles de TSR sont cités plus souvent que la moyenne mondiale.

La note pour les publications les plus citées (PPC) indique que 21 % des articles publiés par TSR sont inclus parmi les 10 % des publications les plus citées dans le monde.

*Au niveau du sous-champ de recherche, les travaux de recherche de TSR exerçaient généralement un impact élevé, comparativement au niveau mondial pendant la période de 2003 à 2014<sup>19</sup>.*

Sous-champs	Nombre d'articles	IRC
Matériaux	46	3,57
Physique générale	239	3,02
Sciences et technologies générales	38	2,73
Fluides et plasmas	147	2,05
Optoélectronique et photonique	42	1,91
Chimie générale	106	1,83
Optique	58	1,76
Polymères	30	1,49
Physique appliquée	188	1,30
Chimie organique	145	1,11
Chimie inorganique et nucléaire	51	1,11
Physicochimie	127	1,09
Chimie physique	288	1,02
Nanoscience et nanotechnologie	91	0,83

Source : Science-Metrix. (2016). *Analyse bibliométrique du rendement du CNRC dans les nouvelles technologies, 2003-2014*

<sup>19</sup> L'étude bibliométrique n'a pas fourni de renseignements pour la période visée de 2009 à 2014.

## Prix et récompenses

### **Les chercheurs du centre de recherche sur les TSR sont reconnus à l'échelle nationale et internationale pour leur excellence en recherche.**

Les chercheurs principaux en TSR ont remporté de prestigieux prix et récompenses qui leur ont été attribués par des organisations comme Optical Society of America, la Russian Academy of Sciences, la Royal Society of London et la Royal Society of Chemistry. Étant donné que les renseignements concernant les prix et les récompenses ne sont pas recueillis systématiquement par le CNRC, il n'a pas été possible de fournir une évaluation quantitative des réalisations dans le cadre de l'évaluation.

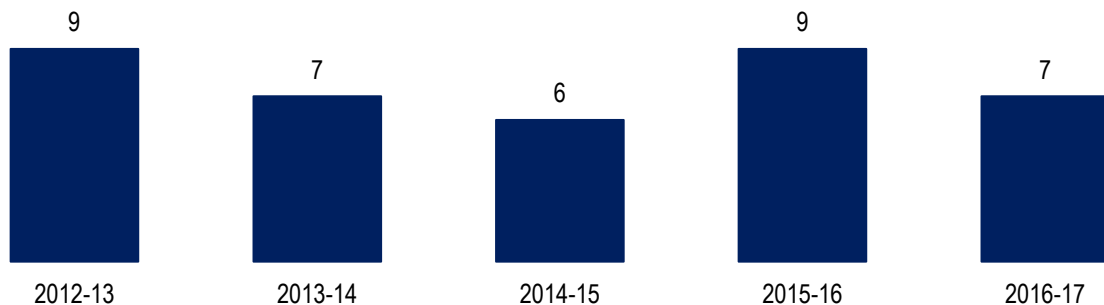
La majorité des répondants à l'interne et à l'externe ont déclaré que la qualité de la recherche produite par le personnel du Centre de recherche sur les TSR est excellente. Ils ont en outre signalé que le Centre de recherche sur les TSR accueille des chercheurs de premier plan sur la scène internationale dans le domaine, qui dirigent des travaux de recherche avancés et innovateurs avec l'appui de techniciens supérieurs du CNRC pour gérer et entretenir leurs installations et leur matériel.

Si la situation du centre de recherche sur le plan de l'excellence académique est actuellement enviable, il reste que le profil du personnel de recherche du point de vue de l'âge et des années de service présente un risque potentiel à moyen terme et à long terme en raison du nombre important de départs à la retraite à venir. À compter de mai 2017, près du tiers des employés en R-D du Centre de recherche sur les TSR (31%) seraient admissibles à la retraite en mars 2022, et près de la moitié (47%) seront admissibles à la retraite d'ici mars 2027.

## Brevets et licences

### **Le Centre sur les TSR a réussi à transformer des résultats de recherche en technologies prometteuses.**

Entre les exercices de 2012-2013 et de 2016-2017, le Centre de recherche sur les TSR a obtenu au total 38 brevets pour 18 technologies différentes.



Remarque : Les données montrent le compte du nombre total de brevets délivrés chaque année, ce qui pourrait comprendre de nombreux brevets pour une seule technologie ou invention.

Source : Données sur la propriété intellectuelle du Soutien à la gestion des affaires du CNRC.

Au total, 5 accords de licence pour des technologies mises au point par des chercheurs des TSR ont été conclus entre les exercices de 2012-2013 et de 2017-2018, dont deux sont associés à l'axe des matériaux du programme Électronique imprimable.

Exercice	Technologie
2012-2013	Nanotubes de carbone simple paroi
2013-2014	Purification des nanotubes de carbone simple paroi
2015-2016	Synthèse à grande échelle de nanotubes de nitrure de bore
2015-2016	Fibre à réseau de Bragg
2017-2018	Encres conductrices

Source : Données sur la propriété intellectuelle du Soutien à la gestion des affaires du CNRC.

### 3.2.2 Excellence scientifique — programme PQADS

**Le programme de DSPQ dirige des recherches de calibre mondial dans le domaine de la science de l'attoseconde. De plus, les recherches menées dans les domaines de la photonique moléculaire, du point quantique et de la microscopie sont jugées impressionnantes.**

Le CEP a indiqué que des chercheurs du programme PQADS sont reconnus à l'échelle nationale et internationale pour leur excellence. De façon plus précise, tant le comité d'examen par les pairs que quelques répondants à l'interne et à l'externe ont mentionné Paul Corkum, Ph. D., qui est considéré comme le pionnier de la science de l'attoseconde. Des membres du CEP ont indiqué que depuis qu'il a introduit le modèle en 3 étapes en 1993, M. Corkum a apporté plusieurs contributions inédites à l'imagerie moléculaire ultrarapide et à la science des lasers. Récemment, il a étendu les concepts de la science de l'attoseconde de la phase gazeuse à l'état solide. Le comité d'examen par les pairs est d'avis que cette étape fournira de nouvelles métrologies pour l'imagerie et le contrôle des matériaux pertinents pour les technologies TCI.

L'étude bibliométrique menée en 2016 a montré que les chercheurs dans les domaines de la physique générale, et de la physique des fluides et des plasmas (les plus susceptibles de travailler pour le programme PQADS) affichent certaines des notes les plus élevées pour l'impact dans tous les domaines de publication du centre de recherche des TSR, ce qui contribue à renforcer encore davantage le point de vue du CEP.

Sur le plan du recrutement et du maintien à l'emploi, le CEP a constaté que le programme PQADS avait réussi à attirer de jeunes chercheurs prometteurs qui ont déjà contribué à la mise au point de technologies quantiques nouvelles, notamment d'un générateur de nombres aléatoires. Le comité estimait que le recours aux chercheurs invités bénévoles<sup>20</sup> avait aussi permis au programme de continuer à tirer profit de l'expertise de chercheurs principaux. Cela dit, un interviewé externe a indiqué que, même si le CNRC est actuellement capable d'attirer des chercheurs pour le programme

<sup>20</sup> Les chercheurs invités bénévoles sont des chercheurs externes, qui proviennent généralement d'un établissement d'enseignement postsecondaire et qui, dans le cadre d'une entente intervenue avec le CNRC, se voient accorder l'accès pendant une période prédéterminée aux installations de l'organisation en vue de mener des projets de recherche spécifiques. Les chercheurs invités bénévoles peuvent comprendre notamment des étudiants, des universitaires et des chercheurs à la retraite (dont bon nombre sont des retraités du CNRC), de même que des chercheurs externes (habituellement étrangers).

PQADS en raison de la réputation de ses principaux chercheurs, la situation pourrait changer lorsque ces derniers prendront leur retraite.

### 3.2.3 Excellence scientifique — programme TMS

**Le programme TMS dirige des recherches de calibre mondial dans le domaine du développement et de l'application des nanotubes de nitrure de bore (NTNB). Toutefois, ces efforts n'ont pas été visibles au sein de la communauté scientifique ces dernières années.**

Le CEP a constaté que le programme s'était attaqué à des questions pertinentes dans le domaine des matériaux avancés et qu'il avait mis au point des solutions à des problèmes en suspens, comme le tri de nanotubes à grande échelle, la production à grande échelle de nanotubes de carbone et de nanotubes de nitrure de bore. Les articles examinés par le CEP dans le cadre de l'évaluation ont été jugés de grande qualité, et les résultats fiables et convaincants. Cela dit, certains membres du CEP avaient l'impression que les chercheurs du CNRC qui effectuaient des travaux dans le domaine des matériaux avancés avaient été moins visibles récemment à l'échelle internationale, et ils estimaient qu'une diffusion scientifique additionnelle et une plus grande mobilisation contribueraient à renforcer les activités dont le niveau de maturité technologique est bas. De plus, on estimait que le programme risque d'épuiser ses capacités essentielles en mettant trop l'accent sur les activités dont le niveau de maturité technologique est élevé et sur les activités de transfert de technologie.

Le CEP estimait que les progrès réalisés dans le domaine des nanotubes de nitrure de bore étaient bien documentés de manière à étayer le statut de premier plan du programme en matière de recherche et d'application. Le CEP a souligné l'importance des accords de transfert de matériel ayant été créés pour les nanotubes de nitrure de bore, accords qui ont eu une incidence sur les travaux de recherche menés dans ce domaine. Cela dit, le CEP a aussi indiqué que le nombre de brevets n'est peut-être pas aussi élevé que prévu pour la recherche sur les matériaux, et il estimait qu'il pouvait exister des obstacles au dépôt de demandes de nouveaux brevets ou de brevets provisoires.

*Les résultats du programme, y compris les accords de transfert de matériel, brevets et accords de licence indiquent que la qualité des chercheurs est supérieure à la moyenne.*

#### **Première usine expérimentale de production de nanotubes de nitrure de bore**

L'équipe des nanocomposites du programme TMS a mis au point une technologie d'avant-garde pour la production de nanotubes de nitrure de bore (NTNB) qui s'est révélée des centaines de fois plus efficace que les méthodes précédentes. Cette réalisation a propulsé le Canada au premier rang des producteurs de ce matériau de pointe alliant une résistance exceptionnelle et des propriétés électroniques uniques à une grande polyvalence d'utilisation. Le déploiement à l'échelle industrielle sera le moteur d'une nouvelle fabrication de grande valeur dans les secteurs de la défense, de l'aérospatiale, de l'automobile et de la santé. La technologie brevetée a mérité à l'équipe le Prix d'excellence de la fonction publique pour une contribution scientifique.

Source : TSR

Résultat	Nombre
Accords de transfert de matériel (de 2012-2013 à 2016-2017)	23
Brevets maintenus en état (en date d'avril 2017)	14
Accords de licence (de 2012-2013 à 2016-2017)	2

### 3.3 Excellence des installations

L'évaluation consistait notamment à évaluer les installations utilisées par les programmes PQADS et TMS en s'appuyant sur les entrevues menées auprès d'intervenants internes et externes, sur une revue de la documentation de programme et sur les opinions des membres du comité d'évaluation par les pairs, elles-mêmes fondées sur la tournée des principales installations effectuées lors de la visite des lieux.

#### 3.3.1 Installations du programme PQADS

**La plupart des installations de recherche en photonique quantique du programme sont de calibre mondial. Le manque d'accès à un équipement informatique de haute performance constitue une faiblesse.**

*Le programme PQADS utilise les installations de R-D du CNRC à Ottawa. Les installations sont conçues pour améliorer l'acquisition de connaissances sur les interactions entre la lumière et la matière.*

Nom de l'installation
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratoire pour la science de l'attoseconde</li> <li>• Laboratoire de photonique moléculaire</li> <li>• Laboratoire de matériaux électrooptiques : Prototypage</li> <li>• Laboratoire de matériaux électrooptiques : Synthèse et caractérisation</li> <li>• Laboratoire d'informations quantiques : Cryoréfrigération</li> <li>• Laboratoire d'informations quantiques : Optique</li> <li>• Laboratoire de photonique à fibres</li> </ul>

Le CEP a relevé un éventail d'approches innovatrices qui ont été utilisées pour créer et maintenir les installations. Le Comité a cité, plus particulièrement, le Laboratoire mixte pour la science de l'attoseconde (JASLab), le Laboratoire de science moléculaire et le Centre d'accès à la technologie de sécurité quantique à titre d'exemples d'approches novatrices. Chacun de ces laboratoires est décrit brièvement ci-après.

Le Laboratoire mixte pour la science de l'attoseconde (JASLab) a été créé en 2008 dans le cadre d'un partenariat entre l'Université d'Ottawa et le Conseil national de recherches. Situé dans les locaux du CNRC sur la promenade Sussex, à Ottawa, il s'agit du seul laboratoire au Canada capable d'effectuer des mesures de l'attoseconde, et doté d'un large éventail de points de destination permettant de mettre à l'essai diverses applications de détection quantique. Le

partenariat entre les deux organisations a été cité par le CEP comme une approche nouvelle pour tirer profit de possibilités de financement qui, autrement, n'auraient pas été possibles pour le CNRC.

Le Laboratoire de photonique moléculaire, qui loge lui aussi dans un établissement du CNRC, sur la promenade Sussex à Ottawa, a été construit au fil de dépenses mineures en immobilisations qui se sont étalées dans le temps. Le CEP a souligné que cette stratégie s'était révélée efficace pour porter le laboratoire aux normes les plus élevées.

Le Centre d'accès à la technologie de sécurité quantique (Q-STAC), créé en septembre 2016 sur le campus du CNRC situé sur le chemin Montréal, à Ottawa, est le résultat d'un effort conjoint du CNRC, du Centre de la sécurité des télécommunications (CST) et de RDDC. Le CEP a souligné le fait que le Q-STAC fournit un laboratoire expérimental pour réaliser des essais et des démonstrations de technologie que les partenaires du CNRC n'étaient pas en mesure de mettre sur pied eux-mêmes.

En plus des exemples qui précèdent, le CEP a aussi mentionné la collaboration de tout le CNRC entre le Centre de recherche sur les TSR et le centre de recherche sur les TCI <sup>21</sup> comme un moyen efficace d'assurer l'accès à des installations d'épitaxie et de nanofabrication ainsi que de maximiser l'utilisation de l'installation.

Dans l'ensemble, le CEP a trouvé que le JASLab et le Laboratoire de photonique moléculaire étaient tous deux des installations de calibre mondial possédant un matériel unique pour permettre d'effectuer de la recherche d'avant-garde en photonique quantique. Ils ont aussi désigné l'installation du QSTAC comme un effort de collaboration prometteur.

Si le CEP s'est montré positif dans son évaluation de la majorité des installations, il a néanmoins déploré le fait que le manque d'accès au calcul de haute performance limite la capacité du programme d'effectuer des activités de modélisation, et ce, plus particulièrement au sein du groupe de chercheurs qui travaillent sur la théorie quantique. Cette situation pourrait influencer négativement sur la réalisation des résultats. Cette mise en garde a trouvé un écho chez les répondants à l'interne, lesquels ont mentionné spécifiquement une grande dépendance à l'égard de l'équipement servant au calcul de haute performance désuet, d'une bande passante étroite et d'une connectivité réseau instable. Aussi, les plans opérationnels du Centre de recherche sur les TSR décrivent des problèmes liés à l'approvisionnement de nouvel équipement pour les capacités de calcul de haute performance. De façon plus précise, les documents indiquent que le groupe de chercheurs en théorie quantique des TSR dépend dans une large mesure d'un équipement servant au calcul de haute performance désuet situé dans les laboratoires du CNRC, sur la promenade Sussex.

---

<sup>21</sup> En date du 1<sup>er</sup> octobre 2017, le centre de recherche sur les TCI a été divisé en deux centres de recherche distincts : le Centre de recherche en électronique et photonique avancées et le Centre de recherche sur les technologies numériques.



### 3.3.2 Installations du programme Technologies des matériaux de sécurité (TMS)

**Les installations de nanotechnologie ont été jugées comparables à celles d'autres institutions nationales travaillant dans ce domaine de la recherche, sauf en ce qui a trait à la production de nanotubes de nitrure de bore, un élément jugé unique.**

*Le programme TMS utilise les installations de R-D du CNRC situées à Ottawa. Ces installations sont conçues pour permettre la fabrication et le prototypage pour des applications de matériaux avancés, incluant la nanotechnologie (revêtements de protection et matériaux balistiques, etc.).*

Nom de l'installation
<ul style="list-style-type: none"><li>• Laboratoire de développement de nanotubes : Chimie</li><li>• Laboratoire de développement de nanotubes : Caractérisation</li><li>• Laboratoire de production de nanotubes</li><li>• Laboratoire de matériaux électrooptiques : Synthèse CVD de nanotubes de carbone</li></ul>

Les répondants à l'interne s'accordaient pour dire que même si les laboratoires et les installations proprement dites ne sont pas nécessairement uniques comparativement à ceux d'autres organisations (à quelques exceptions près), la manière dont les laboratoires ont été personnalisés et sont utilisés est unique en son genre (par exemple, le laboratoire utilisé pour produire des nanotubes de nitrure de bore).

Le CEP a admis que les installations de nanomatériaux du CNRC sont excellentes, mais qu'elles sont équivalentes à ce qui existe dans quelques autres universités canadiennes. Cela dit, le CEP a confirmé que les activités de développement de matériaux du programme sont à la fine pointe de la technologie, étant donné que le programme est le seul à produire des matériaux pour les NTNBS en quantité suffisante pour les fins de la recherche.

**L'absence d'une installation de mise à l'échelle restreint la capacité du programme de saisir des occasions de transfert de technologie.**

Les documents du programme TMS indiquent qu'une installation de mise à l'échelle pour le traitement de produits chimiques est essentielle à l'atteinte des objectifs du programme, et plus précisément pour l'Axe 1 (élaboration d'une plateforme pour la technologie). D'après le plan d'activités du programme TMS, l'installation de mise à l'échelle sera utilisée pour produire les quantités requises de matériaux nécessaires aux activités entreprises dans les Axes 2 à 4 du programme, ainsi que pour répondre aux besoins de l'industrie dans le cadre d'activités de transfert de technologie.

En 2015, le Centre de recherche sur les TSR a soumis une proposition à la haute direction du CNRC pour obtenir l'approbation de dépenses d'immobilisations de 6,9 millions de dollars en vue de la construction d'une installation de mise à l'échelle pour le traitement de produits chimiques dans le cadre du projet de construction d'une installation de recherche flexible sur les terrains du CNRC, sur chemin Montréal. Les documents de planification indiquent que l'installation est destinée à servir aux besoins du programme TMS, mais cinq autres centres de recherche du CNRC ont exprimé leur

intérêt à participer au projet en vue d'y mener leurs propres activités et programmes. Il s'agit notamment de Construction, de Développement des cultures et des ressources aquatiques, d'Énergie, Mines et Environnement, d'Aérospatiale et d'Automobile et Transports de surface. Les rapports trimestriels du programme TMS indiquent des retards dans la mise sur pied de l'installation, mais le plan opérationnel du centre de recherche pour l'exercice 2016-2017 indique que l'on travaille avec les Services administratifs et Gestion de l'immobilier du CNRC à la planification de l'installation de recherche flexible, notamment à la détermination de l'emplacement et des spécifications (conception de trois unités qui seront utilisées par la nouvelle installation de production de nanomatériaux, détermination des exigences relatives à l'équipement, etc.).

La majorité des répondants à l'interne au sein de la direction du Centre de recherche sur les TSR et du programme TMS ont répété les sujets de préoccupation soulevés dans les rapports trimestriels et ont fait valoir que l'installation était essentielle à la réussite du programme. Le CEP a admis que l'absence d'une installation de mise à l'échelle pour la synthèse et le traitement des matériaux freine l'élan du programme pour ce qui est du transfert de la technologie, en soulignant que l'absence d'accès à une installation de mise à l'échelle devrait entraîner une modification des attentes à l'égard du programme. Au moment de l'évaluation, l'installation n'avait pas encore été approuvée.

### 3.4 Mobilisation des clients et des parties intéressées et développement d'un écosystème

Diverses sources de données ont été utilisées pour évaluer la mobilisation des clients et des parties intéressées et le développement d'un écosystème, notamment des examens de la documentation et des données, des entrevues et l'évaluation du comité d'examen par les pairs.

#### 3.4.1 Technologies de sécurité et de rupture

**Si, dans l'ensemble, les clients et les parties intéressées accordent une grande importance à leurs relations avec le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture et ont indiqué un bon alignement avec leurs objectifs à long terme, il reste que leurs besoins immédiats et les attentes en matière de commercialisation n'ont pas toujours été satisfaits.**

Les répondants à l'externe estimaient que les relations établies avec le centre de recherche étaient positives et constructives, et certains ont mentionné que ces relations existaient depuis un certain nombre d'années. Beaucoup de répondants à l'externe estimaient que leurs besoins et les capacités offertes par le Centre de recherche sur les TSR étaient bien harmonisés; toutefois, certains ont reconnu qu'il peut être parfois difficile de comprendre les besoins des clients, surtout en ce qui concerne la commercialisation.

#### **Programme Électronique imprimable — Mise au point de l'encre moléculaire d'argent avec GGI International**

Le CNRC a mis au point conjointement une encre moléculaire imprimable en sérigraphie qui permet d'effectuer des impressions à haute résolution pour les antennes imprimées, les circuits radiofréquence (RF), l'électronique imprimée dans le moule et la surface sélective en fréquence. La caractérisation des impressions de GGI par le CNRC a permis le développement de plusieurs produits de l'électronique imprimable (EI). Collectivement, 10 demandes de brevet ont été déposées jusqu'à maintenant.

Source : TSR

Des répondants à l'externe ont indiqué que la capacité de faire passer les technologies à un niveau de maturité plus élevé constituait un obstacle à la réussite. La majorité des répondants à l'externe estimaient que les principaux atouts du Centre de recherche sur les TSR étaient la conduite d'activités de R-D et l'amélioration de la compréhension des technologies à l'étude et de la sensibilisation à cet égard. Certains ont admis que la commercialisation ne joue peut-être pas un rôle essentiel dans le mandat du Centre de recherche sur les TSR et que les entreprises du secteur privé ne souhaitent pas toujours s'engager dans des activités dont le niveau de maturité technologique est bas étant donné que les récompenses ne sont pas immédiates.

Même si des difficultés ont été mentionnées, le Centre de recherche sur les TSR a réussi à obtenir des licences pour des technologies. Le CEP a souligné l'impact technologique de l'axe des matériaux du programme EI comme un exemple d'une réalisation remarquable dans ce domaine.

**La politique actuelle de gestion de la propriété intellectuelle, et la structure matricielle ont été désignées comme des obstacles à la collaboration.**

Le CEP estimait que la politique actuelle en matière de propriété intellectuelle du CNRC pouvait représenter un obstacle éventuel à la collaboration. Le comité a prévenu que la politique pouvait être un frein et ne pas encourager les chercheurs à exploiter pleinement le potentiel des technologies mises au point par le Centre de recherche sur les TSR. En se fondant sur leurs expériences passées en ce domaine, les membres du CEP ont mentionné les politiques relatives à l'essaimage, les mesures d'encouragement à déposer une demande de brevet et les prestations versées aux employés à partir des recettes de la propriété intellectuelle sont tous des éléments importants des politiques en la matière.

Des répondants à l'externe ont aussi désigné la politique actuelle en matière de propriété intellectuelle comme un obstacle potentiel à la réussite. Certains répondants estimaient que le fait que le CNRC conserve la propriété intellectuelle des résultats des travaux de recherche constituait un frein à l'adoption et à la commercialisation des produits pour les clients.

La politique de gestion de la propriété intellectuelle du CNRC expose les <sup>22</sup> principes et les pouvoirs concernant la création, la protection et la gestion de la propriété intellectuelle générée et acquise par le Conseil. Au moment de l'évaluation, le CNRC s'était engagé<sup>23</sup> à collaborer avec le Bureau du Conseil privé, ministère de la Justice et Innovation, Sciences et Développement économique Canada en vue d'apporter des modifications pertinentes aux dispositions relatives à la propriété intellectuelle de la *Loi sur le Conseil national de recherches*.

En plus de la politique sur la gestion de la propriété intellectuelle, les répondants à l'interne ont aussi désigné la structure matricielle comme un obstacle potentiel à la collaboration. Même si, dans l'ensemble, ils estimaient que la structure matricielle avait encouragé une plus grande collaboration, certains répondants à l'interne trouvaient que la négociation pour obtenir des ressources était difficile parfois, et que le processus pouvait varier d'un centre de recherche à l'autre.

<sup>22</sup> On peut consulter la politique de gestion de la propriété intellectuelle du CNRC à [https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/apropos/propriete\\_intellectuelle/index.html](https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/apropos/propriete_intellectuelle/index.html)

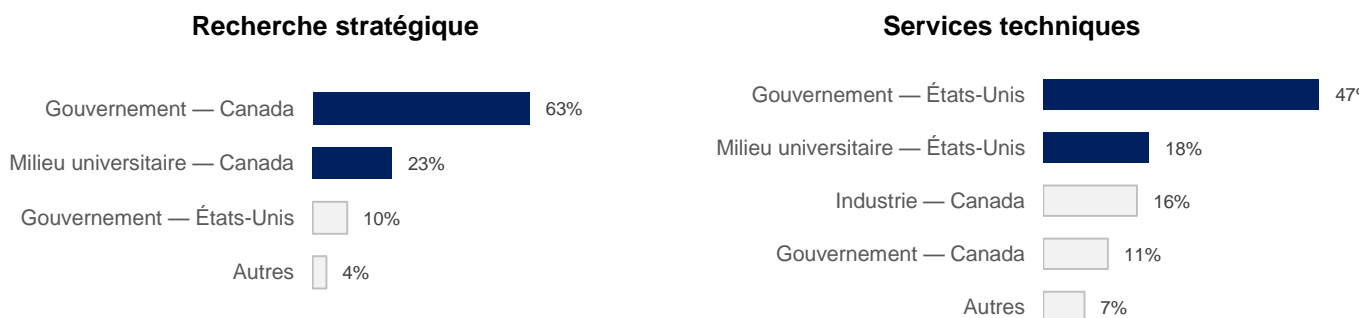
<sup>23</sup> Cet engagement constitue l'une des mesures à prendre indiquées dans le Plan d'action du CNRC 2017-2021, à la suite de l'évaluation interne de son rôle pour faire progresser le Programme d'innovation du gouvernement du Canada.

### 3.4.2 Programme Photonique quantique appliquée à la détection et à la sécurité

**Le niveau de mobilisation des parties intéressées dans le domaine quantique au Canada a été jugé supérieur à la moyenne.**

Mobilisation des clients

*Les principales sources de revenus du programme PQADS (de 2012-2013 à 2016-2017) sont les ministères du gouvernement fédéral et les universités du Canada pour les projets de recherche stratégique, et le gouvernement et les universités des États-Unis pour les projets de recherche technique.*



Source : Système de données financières du CNRC.

Globalement, le programme PQADS a généré un total de 4,96 millions de dollars en revenus entre les exercices de 2012-2013 et 2016-2017 : 3,15 millions des projets de recherche stratégique, et 1,81 million des projets de recherche technique.

Compte tenu de l'accent mis par le programme sur les travaux dont le niveau de maturité technologique est bas, le CEP estimait que le niveau de mobilisation du gouvernement et du milieu universitaire était approprié à cette étape du cycle de vie du programme, mais il a aussi indiqué que le niveau de mobilisation du secteur privé est faible. Quelques membres du CEP se sont demandé s'il était réaliste de faire passer l'objectif initial du programme du NMT 2-3 au NMT 4-6, tel qu'il était indiqué dans le plan d'activités, compte tenu de l'échéancier général du programme.

Au chapitre des initiatives particulières, le Centre d'accès à la technologie de sécurité quantique (Q-STAC) a été désigné comme une collaboration prometteuse. Par l'entremise de Q-STAC, des partenaires peuvent avoir accès à de l'information prospective sur les technologies essentielle à l'atteinte de leurs objectifs opérationnels. Il fournit aussi un mécanisme pour mobiliser des collaborateurs du milieu universitaire externe. Cela dit, le comité estimait que Q-STAC ne disposait pas d'une stratégie claire pour l'avenir.

Développement de l'écosystème.

L'élaboration d'une stratégie quantique nationale (« Quantique Canada ») constitue la principale activité de mobilisation entreprise dans le cadre du programme PQADS. Quantique Canada bénéficie de l'appui du CNRC, du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA). Au moment de l'évaluation, le programme PQADS avait entrepris deux activités de consultation, notamment une enquête auprès des parties intéressées ainsi qu'un symposium de Quantique Canada (150 participants) et un atelier (55 participants). D'autres ateliers étaient en cours de planification.

Le CEP estimait que les efforts consentis pour mobiliser les parties intéressées par l'entremise de l'initiative de Quantique Canada étaient d'une grande importance, compte tenu du potentiel des technologies quantiques. Le CNRC et, plus particulièrement, le programme PQADS jouent un rôle important dans la création de ponts entre les diverses parties intéressées. Le CEP a indiqué que l'éventail de parties intéressées dans les universités, les laboratoires gouvernementaux et les entreprises canadiennes qui avaient été mobilisé jusque-là était jugé prometteur.

**Des préoccupations ont été soulevées concernant le niveau de mobilisation des entités pouvant aider à combler le fossé entre les découvertes scientifiques et la commercialisation.**

Le CEP a trouvé que le programme s'était clairement engagé dans des travaux de recherche ayant mené à un niveau de maturité technologique approchant le développement, comme en témoigne la production de brevets. Faire passer la recherche d'un calibre universitaire fort à ce niveau a été vu comme une réalisation remarquable. Cela dit, même si le programme est parvenu à fournir des licences pour certaines de ses technologies (par exemple, fibre à réseau de Bragg et lasers dans le moyen infrarouge) à l'industrie, il reste que le comité estimait que, dans l'ensemble, le niveau de mobilisation et les recettes obtenues du secteur privé dans ce domaine précis étaient faibles.

Le CEP estimait que le programme ne disposait peut-être pas du soutien spécialisé adéquat pour s'engager auprès de l'industrie afin que les technologies se rapprochent davantage de la commercialisation, surtout dans le domaine de la détection des ressources. De futures collaborations avec des centres de recherche du CNRC qui sont axés sur le génie et qui travaillent dans la fourchette moyenne du NMT (c.-à-d. NMT de 4 à 6) pourraient représenter un moyen pour le programme d'améliorer ses efforts de mobilisation de l'industrie.

### **3.4.3 Programme Technologies des matériaux de sécurité (TMS)**

**Même si, au fil du temps, on s'attendait à ce que le programme TMS mobilise davantage l'industrie, on ne peut que constater que le programme n'a pas encore atteint ce résultat et qu'il continue de compter sur RDDC.**

Le programme TMS a été créé en tant qu'initiative conjointe du CNRC et de RDDC. Le plan d'activités du programme prévoyait de se concentrer sur l'évolution de capacités essentielles dans le domaine des matériaux nanostructurés et hybrides, des processus, de la modélisation et de la caractérisation pendant les premières étapes du programme. En parallèle avec des investissements collaboratifs et internes avec des partenaires d'autres ministères, les premiers travaux avec

l'industrie devaient se concentrer sur une combinaison de recherches à frais partagés de NMT faible/moyen et de prestation de services techniques au NMT élevé pour élargir la capacité d'innovation ou de réception de l'industrie. Pendant le déroulement du programme, on a modifié le centre d'intérêt initial qui est devenu le transfert de technologie à l'industrie, et la majorité des activités arrivées plus tard dans le programme visent directement à mobiliser les clients de l'industrie canadienne.<sup>24</sup>

*Pendant la période des exercices de 2012-2013 à 2016-2017, le MDN et RDDC ont joué un rôle essentiel au chapitre de la production de revenus pour le programme TMS.*



Source : Système de données financières du CNRC.

Le fait que le programme continue de dépendre fortement de RDDC pour la production de revenus inquiète le CEP qui estime que la mobilisation auprès d'autres industries potentielles plus larges n'est pas aussi dynamique qu'elle le devrait, compte tenu de l'objectif du programme. On s'inquiète du fait que la presque totalité des efforts du programme TMS soit axée sur un seul gros client, RDDC, en raison de la possibilité que l'organisme puisse faire l'objet de réductions budgétaires. Le CEP estimait que la répartition des revenus devait être élargie et inclure un plus grand nombre de clients pour assurer la stabilité dans le futur.

L'inquiétude au sujet de possibles réductions budgétaires était bien fondée. En effet, des documents du programme ont révélé que des réductions budgétaires à RDDC avaient déjà eu une incidence sur les revenus du programme. Les revenus reçus de RDDC pour des projets de recherche stratégique ont atteint un sommet en 2014-2015, puis ont chuté considérablement au cours des deux années financières suivantes. On est parvenu à atténuer le recul grâce à des projets de services techniques.

**Même si le programme TMS a élaboré avec succès la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité (CTCMS), il reste que les données de mise en œuvre sont limitées au-delà du partage d'information.**

En 2015, le programme TMS, en collaboration avec RDDC et d'autres partenaires de l'industrie, a dirigé l'élaboration de la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité<sup>25</sup> dans le but d'accélérer l'innovation, la compétitivité et la productivité dans le secteur canadien des technologies des matériaux de sécurité<sup>26</sup>. Dans le cadre du processus de la carte technologique, on a tenu un

<sup>24</sup> Technologies des matériaux de sécurité, Plan d'activités du programme, CNRC, 2013.

<sup>25</sup> On trouvera des renseignements additionnels sur l'initiative de la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité (CTCMS) à la page Web suivante : <https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/solutions/collaboration/ctcms.html>

<sup>26</sup> Rapport de synthèse de la Feuille de route des technologies des matériaux de sécurité, Comité directeur des technologies des matériaux de sécurité, TMS et RDDC, 2016, p. 3

atelier de deux jours avec plusieurs parties intéressées de l'industrie, du gouvernement et du milieu universitaire du Canada et des États-Unis. En fin de compte, au total, 130 personnes ont participé à l'atelier.

À partir des résultats obtenus lors de l'atelier, la CTCMS a repéré des besoins et des possibilités futurs sur les marchés pour les équipements de protection individuelle (EPI) et les systèmes de blindage pour les véhicules. De plus, d'autres feuilles de route précises ont été élaborées pour les EPI et les VB en vue d'informer l'industrie canadienne des besoins des marchés et de l'aider à formuler ses stratégies de R-D et de commercialisation. La CTCMS décrivait aussi les défis techniques associés aux produits pour les EPI et les VB et indiquait des solutions technologiques<sup>27</sup>. Ces domaines prioritaires et ces solutions technologiques potentielles étaient destinés à éclairer la mise en œuvre de la CTCMS.

Des répondants à l'externe qui avaient participé à l'élaboration de la CTCMS estimaient que le processus avait aidé le gouvernement, le milieu universitaire et l'industrie à mieux comprendre les besoins et les attentes de tout un chacun à l'avenir. Des répondants à l'interne ont déclaré que la CTCMS était utile pour mobiliser les parties intéressées et un mécanisme intéressant pour susciter l'innovation et l'esprit communautaire.

Pour faciliter la mise en œuvre de la CTCMS, un environnement virtuel collaboratif a été mis en ligne et utilisé pour promouvoir la collaboration entre les parties intéressées par les matériaux de sécurité en leur permettant d'échanger de l'information sur les avancées technologiques, des articles, des rapports, des communications et des opinions pertinentes pour le marché des matériaux de sécurité<sup>28</sup>. L'environnement virtuel a été inauguré en novembre 2016.

Un exemple de la mise en œuvre de la CTCMS a été fourni lors des entrevues avec les parties intéressées. Ces entrevues ont montré que l'information obtenue à partir de la CTCMS avait été utilisée pour formuler une demande de propositions dans le cadre du Programme d'innovation Construire au Canada (PICC)<sup>29</sup>, administré par Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC). Les demandes de propositions ont permis de pré-qualifier un certain nombre de fournisseurs potentiels. Étant donné qu'il n'existe aucun mécanisme pour faire le suivi de l'utilisation de la CTCMS, en dehors de la participation directe du CNRC, il n'a pas été possible d'évaluer complètement sa mise en œuvre. Cela dit, en se fondant sur son expérience et son expertise, le CEP estimait que, même si l'élaboration d'un site Web pour la CTCMS était un bon point de départ, et si la mise en place d'un mécanisme pour recueillir de l'information sur des contacts facilités était encouragée, il faudrait que les efforts aillent au-delà du partage de l'information pour assurer la réussite de la CTCMS.

---

<sup>27</sup> Ibid, p. 52

<sup>28</sup> SMTRM-II Virtual Collaborative Environment, Canadian Association of Defence and Security Industries, 2017.

<sup>29</sup> Le PICC est un programme d'approvisionnement en R-D pour faire l'essai et l'évaluation de biens et de services à l'étape de la précommercialisation et dans les derniers stades de développement (NMT 7 à 9). Au moyen de la demande de propositions, les organisations soumettent des propositions visant à satisfaire des besoins précis sur le plan scientifique et technologique déterminés par les ministères (dans le cas présent, il s'agit de RDDC et de la Gendarmerie royale du Canada).

## 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

---

L'évaluation du Centre de recherche sur les TSR a montré que, dans l'ensemble, le centre de recherche, par l'entremise de ses deux programmes, répond aux besoins des clients et entraîne des répercussions scientifiques. Des efforts ont été entrepris en vue de mobiliser les principales parties intéressées au moyen d'initiatives de Quantique Canada et de la CTCMS. La mise au point des technologies se situe aux premières étapes et présente certaines difficultés pour l'avenir, ce qui n'a rien de surprenant, étant donné que le centre de recherche mène des activités se situant à un NMT bas.

Pour ce qui est de chacun des programmes, le CEP a formulé les conclusions et recommandations suivantes.

### **Programme PQADS**

En général, le CEP a conclu que le CNRC devrait continuer de soutenir la recherche fondamentale effectuée dans le cadre du programme PQADS, poursuivre les efforts en vue de mobiliser des partenaires et aider à coordonner et à développer encore davantage un écosystème quantique canadien.

Selon le CEP, aucun changement majeur n'est requis dans la stratégie générale du programme; cependant, il estime qu'il existe des possibilités pour la haute direction de maximiser davantage l'impact du programme.

Sur le plan de la recherche fondamentale, le comité a recommandé ce qui suit au CNRC :

1. Formuler une stratégie pour maintenir le statut du calibre mondial des recherches fondamentales effectuées dans le cadre du programme. Lors de l'élaboration de la stratégie, le CNRC doit :
  - Repérer des occasions de mobiliser des universités en vue de la création de structures semblables à celle du Laboratoire mixte pour la science de l'attoseconde (JASLab) afin de pousser davantage le développement de certains domaines de recherche qui présentent un intérêt pour le CNRC.
  - Étudier d'autres modèles de recherche collaborative fructueux, tels que celui de JILA et du Joint Quantum Institute aux États-Unis, et repérer les éléments susceptibles de s'appliquer dans le contexte du CNRC.
  - Explorer des moyens d'avoir accès au calcul de haute performance, incluant, dans la mesure du possible, du financement à partir d'entités externes (par exemple Calcul Canada).
  - Créer un plan de relève pour tenir compte des départs à la retraite à venir de chercheurs importants, et veiller à disposer d'un bassin de jeunes chercheurs prometteurs.

Le CEP a admis que le programme, pour une large part, exerce ses activités dans un environnement où le niveau de maturité technologique (NMT) est bas, mais il estimait que la mobilisation des clients et des parties intéressées constituait un élément important pour assurer la pertinence du programme. Étant donné le mandat du CNRC, pour trouver le bon équilibre entre l'intérêt des chercheurs universitaires et les répercussions sur l'industrie, le comité a formulé les recommandations suivantes au CNRC :



2. Concevoir une stratégie et un plan d'exécution pour le centre d'accès à la technologie de sécurité quantique afin de maximiser les impacts de la collaboration entre le CNRC et les autres ministères, l'industrie et le milieu universitaire.
3. Formuler une stratégie pour faire progresser les technologies dans les domaines de la sécurité, des ressources et de la détection environnementale afin de :
  - Collaborer plus efficacement avec les partenaires de l'industrie sur certains projets particuliers
  - Mobiliser des entités comme les organismes à but non lucratif et les partenariats public-privé qui travaillent dans l'environnement se trouvant dans la fourchette moyenne du NMT (c.-à-d. NMT de 4 à 6) afin de combler l'écart qui existe entre le moment de la découverte scientifique et la commercialisation.
  - Déterminer le type et le niveau de soutien organisationnel spécialisé (par exemple, Soutien à la gestion des affaires) requis pour la mise en œuvre de la stratégie.

### **Programme TMS**

De manière générale, le CEP a conclu que le CNRC devrait modifier le programme TMS.

Le Comité a recommandé de revoir la stratégie générale et le plan d'activités du programme pour atteindre les objectifs suivants :

4. Mettre davantage l'accent sur la recherche fondamentale menée dans le cadre du programme en tant qu'exigence fondamentale pour la mise au point de matériaux avancés :
  - Envisager des approches innovatrices pour recruter du personnel hautement qualifié (par exemple, postes de professeurs adjoints, augmentation du nombre de chercheurs invités).
  - Assurer l'accès au calcul de haute performance (et à l'expertise théorique requise) à l'appui de la recherche fondamentale.
  - Étudier les possibilités d'une collaboration potentielle avec le programme PQADS (par exemple, les sources uniques de photon sur les nanotubes de nitrure de bore hexagonaux).
5. Recentrer les efforts de transfert de technologies, selon les ressources disponibles et le cycle de vie du programme :
  - Déterminer si l'aménagement d'une installation de mise à l'échelle requise pour mettre au point et à l'essai des matériaux prototypes pour les clients est réalisable dans les limites de l'échéancier du programme, et dans le cas contraire, revoir les objectifs du programme en conséquence.
  - Articuler clairement le rôle du programme dans les activités de transfert de technologies :
    - Envisager l'élaboration d'une approche plus formelle pour mobiliser les centres de recherche axés sur le génie au CNRC, le cas échéant.
    - Étudier des approches novatrices pour travailler avec l'industrie afin de favoriser la mise au point et le transfert de technologies (par exemple, intégrer des spécialistes de l'industrie aux projets).
    - Étudier le type et le niveau de soutien organisationnel spécialisé requis pour effectuer le transfert de technologies et le développement des affaires (par exemple, Soutien à la gestion des affaires).

6. Élargir la clientèle du programme au-delà de RDDC, en particulier avec la communauté des utilisateurs finaux, le cas échéant :
  - Tirer profit de l'élaboration de la CTCMS pour repérer des occasions de diversifier les partenaires industriels du programme et améliorer la chaîne de valeur.
  - Étudier les applications à double usage afin de veiller à ce que les technologies développées puissent trouver des applications au-delà de l'industrie de la défense.

## 5. RÉPONSE DE LA DIRECTION

Recommandation	Réponse et mesures prévues	Personnes responsables proposées	Échéancier	Facteurs de rendement
<b>Programme PQADS</b>				
<p><b>Recommandation 1</b></p> <p>Mettre en place une stratégie pour maintenir le statut du calibre mondial des recherches fondamentales effectuées dans le cadre du programme. Lors de l'élaboration de la stratégie, le CNRC doit :</p> <p>A. Repérer des occasions de mobiliser des universités en vue de la création de structures semblables à celles du Laboratoire mixte pour la science de l'attoseconde (JASLab) afin de pousser davantage le développement de certains domaines de recherche qui présentent un intérêt pour le CNRC.</p>	<p><b>La recommandation est acceptée.</b></p> <p>Mettre en place une stratégie, notamment :</p> <p>A1. Explorer les possibilités d'établir un centre de collaboration du CNRC avec le Périmètre Institute à Waterloo.</p> <p>A2. Conserver les postes de professeurs adjoints existants et chercher à obtenir des postes de professeurs adjoints supplémentaires dans les universités canadiennes.</p>	<p>Directeur général</p>	<p>A1. Mars 2019</p> <p>A2. Septembre 2018</p>	<p>A1. Des discussions ont eu lieu avec des partenaires potentiels dans les universités.</p> <p>A2. Passer de 9 à 11 professeurs adjoints.</p>
<p>B. Étudier d'autres modèles de recherche collaborative fructueux, tels que celui de JILA et du Joint Quantum Institute aux États-Unis, et repérer les éléments susceptibles de s'appliquer dans le contexte du CNRC.</p>	<p>Étudier le modèle du JILA et d'autres modèles.</p>	<p>Responsable de programme</p>	<p>Mars 2019</p>	<p>Rapport rédigé et soumis à l'équipe de gestion du TSR.</p>
<p>C. Explorer des moyens d'avoir accès au calcul de haute performance, incluant, dans la mesure du possible, du financement à partir d'entités externes</p>	<p>Examiner les possibilités et sélectionner une option ou plusieurs de ces options, le cas échéant.</p>	<p>Directeur des opérations</p>	<p>Août 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des ordinateurs personnels haut de gamme sont en place</li> </ul>

Recommandation	Réponse et mesures prévues	Personnes responsables proposées	Échéancier	Facteurs de rendement
<p>(par exemple, Calcul Canada).</p> <p>D. Créer un plan de relève pour tenir compte des départs à la retraite à venir de chercheurs importants, et veiller à disposer d'un bassin de jeunes chercheurs prometteurs.</p>	<p>Formuler un plan de relève pour faire face aux départs à la retraite à venir des principaux chercheurs.</p>	<p>Directeur général</p>	<p>Mars 2018 (Effectué chaque année)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une grappe qui répond aux exigences des chercheurs est disponible.</li> </ul> <p>Un plan de relève est inclus dans la stratégie quantique de TSR.</p>
<p><b>Recommandation 2</b></p> <p>Formuler une stratégie et un plan d'exécution pour le centre d'accès à la technologie de sécurité quantique afin de maximiser les impacts de la collaboration entre le CNRC et les autres ministères, l'industrie et le milieu universitaire.</p>	<p><b>La recommandation est acceptée.</b></p> <p>Établir une stratégie et un plan d'exécution pour le centre d'accès à la technologie de sécurité quantique dans le cadre de la proposition concernant la prochaine itération du programme PQADS (le programme fondateur de science quantique).</p>	<p>Responsable de programme</p>	<p>Septembre 2018</p>	<p>Une stratégie pour le Q-STAC est incluse dans la proposition concernant le Programme fondateur de science quantique.</p>
<p><b>Recommandation 3</b></p> <p>Élaborer une stratégie pour faire progresser les technologies dans les domaines de la sécurité, des ressources et de la détection environnementale afin de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Collaborer plus efficacement avec les partenaires de l'industrie sur certains projets particuliers</li> <li>• Mobiliser des entités comme les organismes à but non lucratif et les partenariats public-privé qui travaillent dans l'environnement se trouvant dans la fourchette moyenne du NMT</li> </ul>	<p><b>La recommandation est acceptée.</b></p> <p>La proposition des responsables du programme fondateur de science quantique comprendra une stratégie de perfectionnement des technologies.</p>	<p>Responsable de programme</p>	<p>Septembre 2018</p>	<p>La proposition des responsables du programme fondateur de science quantique comprendra une stratégie de perfectionnement des technologies.</p>

Recommandation	Réponse et mesures prévues	Personnes responsables proposées	Échéancier	Facteurs de rendement
<p>(c.-à-d. NMT 4 à 6) afin de combler l'écart qui existe entre le moment de la découverte scientifique et la commercialisation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Déterminer le type et le niveau de soutien organisationnel spécialisé (par exemple, Soutien à la gestion des affaires) requis pour la mise en œuvre de la stratégie.</li> </ul>				
<b>Programme TMS</b>				
<p><b>Recommandation 4</b></p> <p>Mettre davantage l'accent sur la recherche fondamentale menée dans le cadre du programme en tant qu'exigence fondamentale pour la mise au point de matériaux avancés :</p>	<p><b>La recommandation est acceptée.</b></p> <p>La prochaine itération du programme TMS sera celle du programme fondateur des matériaux adaptatifs et intelligents (MAI) qui mettra davantage l'accent sur des activités dont le niveau de maturité technologique est bas.</p>	Responsable de programme	Septembre 2018	La proposition du programme fondateur des matériaux adaptatifs et intelligents met l'accent sur la recherche fondamentale.
<p>A. Envisager des approches innovatrices pour recruter du personnel hautement qualifié (par exemple, postes de professeurs adjoints, augmentation du nombre de chercheurs invités).</p>	<p>A1. Conserver les postes de professeurs adjoints existants et chercher à obtenir des postes de professeurs adjoints supplémentaires dans les universités canadiennes.</p> <p>A2. Faire en sorte que des étudiants diplômés travaillent avec des professeurs adjoints.</p>	Chefs de groupe	Avril 2019	<p>A1. En chimie, trois professeurs adjoints font partie du personnel.</p> <p>A2. Au moins six étudiants diplômés travaillent avec du personnel au niveau de professeur adjoint.</p>
<p>B. Assurer l'accès au calcul de haute performance (et à l'expertise théorique requise) à l'appui de la recherche fondamentale</p>	<p>Comme indiqué à la recommandation 1C : Examiner les possibilités et sélectionner une option ou plusieurs de ces options, le cas échéant.</p>	Directeur des opérations	Août 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des ordinateurs personnels haut de gamme sont en place</li> <li>Une grappe qui répond aux exigences des</li> </ul>

Recommandation	Réponse et mesures prévues	Personnes responsables proposées	Échéancier	Facteurs de rendement
				chercheurs est disponible.
C. Étudier les possibilités d'une collaboration potentielle avec le programme PQADS (par exemple, les sources uniques de photon sur les nanotubes de nitrure de bore hexagonaux).	Poursuivre la collaboration sur les nanotubes de nitrure de bore pour les sources uniques de photon. Des occasions seront étudiées dans le cadre des propositions de projets technologiques de programme annuels, qui ont lieu au premier trimestre de chaque année.	Responsables de programme	Juin 2019	Des possibilités de collaboration ont été cernées.
<p><b>Recommandation 5</b></p> <p>Recentrer les efforts de transfert de technologies, selon les ressources disponibles et le cycle de vie du programme :</p> <p>A. Déterminer si l'aménagement d'une installation de mise à l'échelle requise pour mettre au point et à l'essai des matériaux prototypes pour les clients est réalisable dans les limites de l'échéancier du programme, et dans le cas contraire, revoir les objectifs du programme en conséquence.</p>	<p><b>La recommandation est acceptée.</b></p> <p>Étudier la possibilité de cofinancer l'installation de mise à l'échelle avec RDDC et les fournisseurs d'instruments. Si le cofinancement n'est pas faisable, les responsables des TMS reverront les objectifs du programme et la stratégie de transfert des technologies.</p>	Directeur général et responsable de programme	Décembre 2018	Le financement de l'installation de mise à l'échelle ou la nouvelle stratégie de transfert des technologies est en place, le cas échéant.
B. Articuler clairement le rôle du programme dans les activités de transfert de technologies :				
B1. Envisager l'élaboration d'une approche plus formelle pour mobiliser les centres de recherche axés sur le génie au CNRC, le cas échéant.	Discussions avec les centres de recherche sur l'automobile et les transports de surface et l'aérospatiale pour déterminer les technologies pertinentes à transférer.	Responsable de programme	Septembre 2018	Contrats, données sur la gestion de projet, correspondance avec la direction de la Division du génie.

Recommandation	Réponse et mesures prévues	Personnes responsables proposées	Échéancier	Facteurs de rendement
B2. Étudier des approches novatrices pour travailler avec l'industrie afin de favoriser le développement et le transfert de technologies (par exemple, intégrer des spécialistes de l'industrie aux projets).	Continuer d'étudier des approches novatrices pour travailler avec l'industrie afin de favoriser le développement et le transfert de technologies.	Responsable de programme en collaboration avec le conseiller en affaires du Soutien à la gestion des affaires	Septembre 2018	Les engagements seront documentés dans la documentation de projet, les contrats, les accords de non-divulgence et les ententes signées par les chercheurs invités.
B3. Étudier le type et le niveau de soutien organisationnel spécialisé requis pour effectuer le transfert de technologies et le développement des affaires (par exemple, Soutien à la gestion des affaires).	Revoir le type et le niveau de soutien organisationnel spécialisé requis pour effectuer le transfert de technologies et le développement des affaires et établir une stratégie renouvelée.	Directeur général en collaboration avec le conseiller en affaires du Soutien à la gestion des affaires	Avril 2019	Le soutien au transfert de technologies et à la stratégie de développement des affaires est intégré à la proposition du programme fondateur des matériaux adaptatifs et intelligents (MAI) et au plan opérationnel de TSR.

Recommandation	Réponse et mesures prévues	Personnes responsables proposées	Échéancier	Facteurs de rendement
<p><b>Recommandation 6</b></p> <p>Élargir la clientèle du programme au-delà de RDDC, en particulier avec la communauté des utilisateurs finaux, le cas échéant :</p> <p>A. Tirer profit de l'élaboration de la CTCMS pour repérer des occasions de diversifier les partenaires industriels du programme et améliorer la chaîne de valeur.</p>	<p><b>La recommandation est acceptée.</b></p> <p>A1. Explorer les possibilités d'expansion des activités avec les clients existants (p. ex., Dew, Nortrax et Mawashi) et poursuivre ses activités commerciales élargies avec Tekna.</p> <p>A2. Établir des engagements supplémentaires avec les participants à la Carte technologique du Canada sur les matériaux de sécurité dans toute la chaîne de valeur des matériaux avancés, par l'intermédiaire d'ateliers et d'engagements directs avec les entreprises.</p>	<p>Responsable de programme en collaboration avec le chef, Relations avec les clients, Soutien à la gestion des affaires</p>	<p>Octobre 2018</p>	<p>Contrats avec des clients autres que RDDC.</p>
<p>B. Étudier les applications à double usage afin de veiller à ce que les technologies développées puissent trouver des applications au-delà de l'industrie de la défense.</p>	<p>B. Explorer d'autres applications et évaluer comment les technologies développées peuvent être utilisées au-delà de l'industrie de la défense et chercher de nouveaux clients potentiels.</p>	<p>Responsable de programme en collaboration avec le chef, Relations avec les clients, Soutien à la gestion des affaires</p>	<p>Octobre 2018</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De nouvelles applications pour les nanocomposites ont été repérées.</li> <li>• Des projets liés aux technologies ont été lancés, le cas échéant.</li> </ul>



# ANNEXE A : MEMBRES DU COMITÉ D'EXAMEN PAR LES PAIRS ET PROGRAMME DE VISITE DES LIEUX

---

## Membres du Comité d'examen par les pairs

Président :

Denis Faubert  
Président-directeur général  
Consortium en aérospatiale pour la recherche et l'innovation au Canada

Membres :

Tatjana Curcic  
Directrice  
Quantum Valley Ideas Lab

Jeff Fagan  
Chargé de projet, Projet sur les particules, les tubes et les colloïdes  
Division de la science des matériaux et du génie  
National Institute of Standards and Technology (NIST)

François Légaré  
Professeur  
Institut national de recherche scientifique (INRS)

Richard Martel  
Chaire de recherche du Canada sur les nanostructures et interfaces  
Département de chimie Université de Montréal

Mark B. Ritter, Ph. D.  
Membre de haute distinction du personnel de recherche  
Gestionnaire principal, Sciences physiques  
IBM TJ Watson Research Centre, Yale University

Christoph Simon  
Professeur  
Institute for Quantum Science and Technology  
Université de Calgary

## Programme de la visite des lieux

**Mardi 26 septembre 2017**

Heure	Activité
19 h à 21 h	Souper du Comité et discussion préalable à la réunion

**Mercredi 27 septembre 2017**

Heure	Activité
8 h 15 à 8 h 30	Mot de bienvenue du président et examen du programme
8 h 30 à 9 h	Observations préliminaires — Geneviève Tanguay, VP – Technologies émergentes
9 h à 9 h 30	Présentation — Survol du Centre de recherche sur les TSR — Duncan Stewart — directeur général, Centre de recherche sur les TSR
9 h 30 à 10 h 15	Période de questions
10 h 15 à 11 h 15	Séance à huis clos et pause-café
11 h 15 à 12 h	Présentation — Survol du programme PQADS et de la recherche en photonique quantique
12 h à 12 h 30	Période de questions
12 h 30 à 13 h 30	Séance à huis clos et lunch
13 h 30 à 14 h 15	Visite des lieux : Laboratoire de la science de l'attoseconde, Laboratoire de science moléculaire (100, promenade Sussex)
14 h 15 à 15 h	Présentation — Survol du programme TMS et de la recherche sur les matériaux avancés
15 h à 15 h 30	Présentation — La recherche sur les nanomatériaux à l'appui du programme Électronique imprimable
15 h 30 à 16 h	Visite des lieux : Laboratoire de l'électronique imprimable (100, promenade Sussex)
16 h à 16 h 30	Période de questions et pause-café
16 h 30 à 17 h 15	Séance à huis clos
19 h à 21 h	Souper

**Jeudi 28 septembre 2017**

Heure	Activité
8 h à 8 h 30	Récapitulation de la journée précédente
8 h 30 à 9 h	Visite des lieux : Installation de mise au point des nanotubes (1200, chemin Montréal)
9 h à 9 h 30	Période additionnelle de questions avec le directeur général du Centre de recherche sur les TSR, au besoin
9 h 30 à 12 h	Délibérations du comité sur les constatations et recherche d'un consensus
12 h à 13 h	Déjeuner de travail
13 h à 14 h	Poursuite des délibérations du Comité
14 h à 14 h 30	Le président passe en revue les résultats des délibérations du Comité et l'on discute de la marche à suivre pour finaliser le rapport
14 h 30	La séance est levée

## ANNEXE B : MÉTHODOLOGIE

---

### Portée

L'évaluation du Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture et de ses deux programmes (PQADS et TMS) a couvert la période des exercices de 2012-2013 à 2016-2017 inclusivement. L'évaluation a été effectuée selon le plan d'évaluation approuvé du CNRC et les politiques du SCT. Le Centre de recherche sur les technologies de sécurité et de rupture et ses programmes n'avaient jamais été évalués auparavant.

Les questions d'évaluation ont été élaborées à partir de consultations tenues pendant la phase de planification de l'évaluation et d'un examen des principaux documents. Les questions sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Questions d'évaluation**

1. Dans quelle mesure existe-t-il un besoin mesurable pour les capacités de R-D offertes par le Centre de recherche sur les TSR?
2. Dans quelle mesure le Centre de recherche sur les TSR a-t-il élaboré un processus (récurrent) visant à tirer profit des domaines de recherche nouveaux et émergents, et à mettre en place des programmes qui entraîneront les plus fortes répercussions probables sur l'économie canadienne dans le futur?
3. Dans quelle mesure le Centre de recherche sur les TSR est-il reconnu pour l'excellence en recherche?
4. Est-ce que l'infrastructure du Centre de recherche sur les TSR au CNRC (installations et équipement) est jugée excellente sur le plan scientifique, de pointe et unique?
5. Est-ce que le Centre de recherche sur les TSR et les programmes qu'il mène ont entraîné le transfert de connaissances, de compétences et de technologies à ses clients et partenaires (milieu universitaire, gouvernement et industrie)?
6. Dans quelle mesure le portefeuille du Centre de recherche sur les TSR et les programmes qu'il mène ont-ils eu les effets suivants : meilleure connaissance et compréhension accrue des technologies de sécurité et de rupture, engagement accru des partenaires et des clients du Centre de recherche sur les TSR et meilleures harmonisation et coordination des collectivités liées TSR?
7. Dans quelle mesure le portefeuille du Centre de recherche sur les TSR et les programmes qu'il mène ont-ils entraîné le développement de plateformes de technologie?
8. Est-ce que le portefeuille du Centre de recherche sur les TSR et les programmes qu'il mène ont produit des résultats qui sont réalistes et appropriés compte tenu du niveau de ressources?

### Méthodologie

La collecte de données aux fins de l'évaluation a été effectuée par une équipe d'évaluation indépendante du Bureau de la vérification et de l'évaluation du CNRC, avec l'appui d'un expert-conseil. L'évaluation s'est appuyée sur des méthodes qualitatives et quantitatives, notamment :

- Examen de documents (incluant les plans et stratégies de programme et de portefeuille, les rapports de l'industrie et du gouvernement à la disposition du public)
- Des analyses de données financières, administratives et sur le rendement (données financières et administratives au niveau du portefeuille, du programme et du projet,

incluant les revenus, les dépenses, le nombre et le type de projets, les résultats d'une étude bibliométrique, les données des ressources humaines)

- Des entrevues ont été menées auprès de la haute direction et du personnel du Centre de recherche sur les TSR ainsi qu'auprès de clients et partenaires externes, lesquels ont été sélectionnés en consultation avec la haute direction, et l'on a effectué un examen des données de projet (personnel/direction à l'interne  $n=19$ , partenaires/parties intéressées à l'externe  $n = 15$ )
- Évaluation des marchés (un examen des hypothèses sur les marchés formulées au début des programmes)

Les données recueillies par l'équipe d'évaluation ont été analysées et résumées dans une série de rapports techniques. Ces rapports techniques, de concert avec d'autres documents d'information, ont été fournis à un Comité d'examen par les pairs formé de sept personnes possédant une expertise dans les domaines de recherche liés aux TSR ou dans la gestion de programmes de recherche scientifique. Un représentant du Bureau de la vérification et de l'évaluation (BVE) du CNRC a agi à titre de coordonnateur du comité d'examen.

Les membres du Comité ont été recrutés dans le milieu universitaire national et international, dans d'autres laboratoires gouvernementaux ou ministères ainsi que dans des organismes pertinents du secteur public et privé. On attendait des membres du Comité qu'ils participent au processus d'examen avec objectivité, impartialité et de façon crédible, sans conflit d'intérêts apparent ou perçu. À cette fin, tous les membres ont signé un accord de non-divulgence et d'absence de conflit d'intérêts.

On a déployé des efforts pour constituer un comité équilibré, en prenant en considération les secteurs (universitaire, gouvernemental, industriel), les domaines de recherche et la géographie.

### **Tâches du Comité d'examen par les pairs**

Le processus d'examen par les pairs comprenait trois volets : l'examen de la documentation de base recueillie par l'équipe d'évaluation, la participation à une visite des lieux au CNRC et la production d'un rapport d'examen par les pairs. La durée totale des activités exigées des membres du Comité, incluant la visite des installations a été d'environ 5 jours. Au sein du comité d'examen par les pairs, les membres assumaient les responsabilités suivantes :

- Étudier la documentation de base et se familiariser avec les activités de recherche et les méthodes de gestion du Centre de recherche sur les TSR et de ses programmes.
- Participer à des conférences téléphoniques avant la visite des lieux.
- Participer activement au processus d'examen par les pairs, notamment à la visite des lieux (qui s'est déroulée du 26 au 28 septembre 2017).
- Participer à l'élaboration du rapport d'examen par les pairs.
- Examiner la version provisoire du rapport d'examen par les pairs et formuler des commentaires par écrit.

### ***Examen de la documentation de base***

La documentation de base a été transmise aux membres du Comité d'examen par les pairs pour qu'ils puissent en prendre connaissance avant d'effectuer la visite des lieux. Les membres ont étudié la documentation et rempli un « Formulaire de rétroaction initiale pour les membres du Comité d'examen par les pairs ». Le formulaire de rétroaction avait pour but de repérer les lacunes dans l'information qui pouvaient être comblées soit par la fourniture de documents

additionnels ou lors de la visite des lieux. Les membres du Comité ont discuté des lacunes au cours d'une conférence téléphonique.

### ***Évaluation initiale***

On a ensuite demandé aux membres du Comité d'examen par les pairs de procéder à une évaluation préliminaire du Centre de recherche sur les TSR et de ses programmes en se fondant sur la documentation de base et à l'aide d'une grille d'évaluation créée spécialement à cet effet. La grille d'évaluation contenait une série de questions et les membres devaient y inscrire une note globale (sur une échelle de 3 points – inférieur à la moyenne/moyen/supérieur à la moyenne), fournir des justifications de la note accordée et indiquer les secteurs qui justifieraient une visite plus approfondie une fois qu'ils seraient sur place. Une conférence téléphonique a été organisée pour discuter des évaluations et pour cerner les aspects qui justifieraient que l'on s'y attarde un peu plus lors de la visite sur les lieux.

### ***Visite des lieux***

Le processus d'examen par les pairs comprenait une visite d'une durée de 1,5 jour du CNRC, à Ottawa, en Ontario. La visite, qui a été précédée d'un souper de bienvenue le 26 septembre, a eu lieu les 27 et 28 septembre et comprenait des présentations et des discussions sur les activités de recherche passées, actuelles et proposées ainsi qu'une tournée des installations de TSR.

### ***Finalisation du rapport du Comité***

Le rapport préliminaire a été mis en page et corrigé à la suite de la visite des lieux et on lui a ajouté de la documentation additionnelle concernant l'objet et la méthodologie de manière à créer une version complète. Un rapport a été produit pour chacun des deux programmes, en plus du rapport d'évaluation global pour l'ensemble du Centre de recherche sur les TSR.

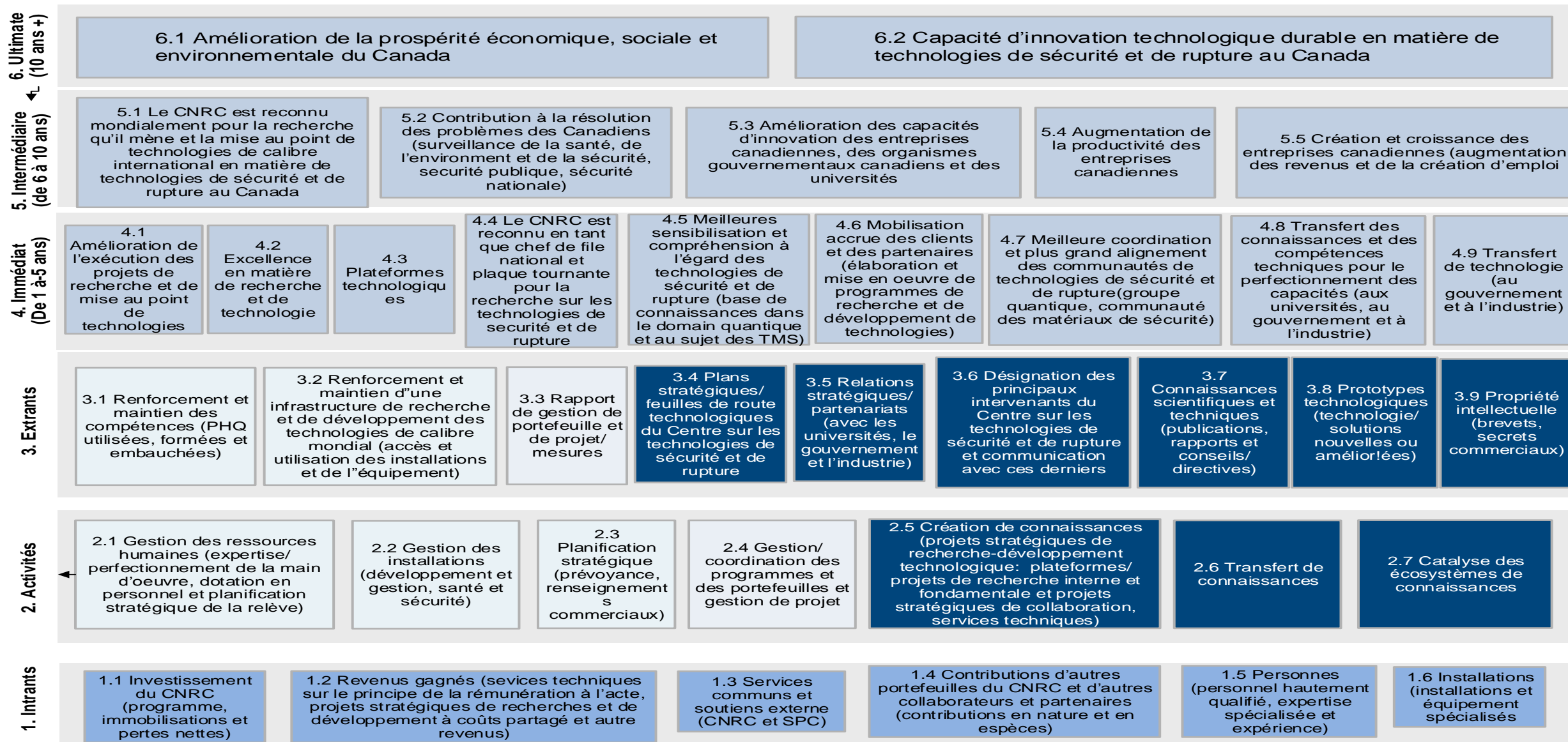
### **Limites de l'étude**

Les limites suivantes ont été déterminées pendant le déroulement du projet. Dans la mesure du possible, on a utilisé des stratégies d'atténuation en vue de réduire leur incidence, tel qu'il est décrit ci-après.

- ▶ Une partie des renseignements fournis, particulièrement en ce qui concerne les données bibliométriques, était un peu désuète. On avait prévu qu'une étude bibliométrique plus récente serait prête à temps pour être utilisée dans l'examen, mais des questions concernant la méthodologie utilisée ont finalement convaincu les membres du Comité de ne pas l'inclure dans le processus d'examen par les pairs. Afin d'atténuer les répercussions, des renseignements additionnels concernant les réalisations des principaux chercheurs (prix, récompenses) ont été transmis aux membres du Comité d'examen par les pairs.
- ▶ La comparaison du rendement des programmes avec celui d'organisations semblables n'a pas été effectuée au cours de l'étape de la collecte de données du projet. On s'en est remis aux membres du Comité d'examen par les pairs et à leur connaissance d'autres organisations pour effectuer toutes les comparaisons nécessaires.

- ▶ Le fait de recourir à un Comité d'examen par les pairs peut introduire des biais inconscients dans les études d'évaluation. Afin d'atténuer ce résultat potentiel, on s'est efforcé de recruter les membres dans un éventail d'organisations et de régions géographiques. On a aussi déployé d'importants efforts pour assurer une représentation féminine au sein du comité.
- ▶ Seulement un nombre limité de personnes extérieures ont pu être interrogées pendant la durée du projet. On s'est efforcé de trianguler l'information entre plusieurs sources de données pour fournir un résumé des entrevues au Comité d'examen par les pairs.
- ▶ La durée de la visite des lieux a été limitée à 1,5 jour (et un souper de travail a été tenu la veille) afin de réduire le fardeau imposé aux membres du Comité et de respecter les limites du budget. Pour atténuer les répercussions, on a fourni la documentation aux membres du Comité avant leur arrivée sur place, et les réponses aux questions suscitées par l'examen initial de la documentation leur ont été fournies par écrit avant la visite des lieux.

# ANNEXE C : MODÈLE LOGIQUE DU CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TSR



Legende (activités et extrants): au niveau du centre de recherche au niveau du programme