Industry Canada Industrie Canada

Évaluation de la subvention d'Industrie Canada accordée à l'Institut de l'informatique quantique

Rapport final

Décembre 2013

Recommandé par le Comité d'évaluation ministériel
aux fins d'approbation par le sous-ministre le 29 novembre 2013

Approuvé par le sous-ministre le 12 décembre 2013

Canada

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE ..... **i**

1.0 INTRODUCTION **1**

1.1 Contexte du programme 1
1.2 Description de l'IIQ 2
1.3 Conception du programme et gouvernance 3
1.4 Intervenants 5
1.5 Ressources 5
1.6 Résultats attendus du programme et modèle logique 6

2.0 MÉTHODOLOGIE **8**

2.1 Approche de l'évaluation 8
2.2 Objectif et portée 8
2.3 Enjeux et questions 8
2.4 Méthodes de collecte des données 9
2.5 Limites des données 11

3.0 CONSTATATIONS **13**

3.1 Pertinence 13
3.2 Rendement 21

4.0 CONCLUSIONS **32**

4.1 Pertinence 32
4.2 Rendement 32

Liste des acronymes utilisés dans le présent rapport

Sigle	Signification
FCI	Fondation canadienne pour l'innovation
ICRA	L'Institut canadien de recherches avancées
ETP	Équivalents temps plein
PHQ	Personnel hautement qualifié
IIQ	Institut de l'informatique quantique
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
R-D	Recherche-développement
S et T	Sciences et technologies
CSTI	Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation
ASIT	Analyse stratégique de l'information technique

Liste des tableaux

Tableau 1	Dépenses de l'IIQ (en milliers de dollars) de 2009-2010 à 2013-2014	Page 5
Tableau 2	Appui du gouvernement à l'égard des progrès réalisés dans les domaines des sciences et de la technologie, des connaissances et de l'innovation	Page 18
Tableau 3	Résumé de l'attention suscité par les médias sociaux de 2010 à 2013	Page 25

Liste des figures

Figure 1	Structure de régie actuelle de l'IIQ	Page 4
Figure 2	Ventilation des dépenses de l'IIQ en ce qui concerne les personnes et les activités de 2009-2010 à 2013-2014	Page 6
Figure 3	Modèle logique de l'Institut de l'informatique quantique	Page 7
Figure 4	Adhésion des membres à l'IIQ	Page 23
Figure 5	Nombre de publications annuel de l'IIQ et nombre de citations annuel de l'ensemble des documents publiés par les chercheurs de l'IIQ	Page 27
Figure 6	Ventilation des subventions, des dons, des prix et des cadeaux obtenus par l'IIQ entre 2009-2010 et 2012-2013	Page 29

SOMMAIRE

Aperçu du programme

L'Institut de l'informatique quantique (IIQ) est un organisme de recherche multidisciplinaire au sein de l'Université de Waterloo et s'accompagne d'un partenariat des gouvernements fédéral et provinciaux avec la philanthropie de Mike et Ophelia Lazaridis. En s'appuyant sur les compétences reconnues à l'échelle internationale de l'Université de Waterloo en matière de mathématiques et en science informatique, l'IIQ a été déclaré, en 2002, officiellement institut de recherches à l'Université de Waterloo.

En vue d'élargir son rôle de leader et visant à tirer avantage de la réputation qu'il s'est bâtie, l'IIQ s'attache à créer un milieu de recherche ainsi que des installations propices à la croissance. En 2008, l'Institut a lancé un projet de 300 millions de dollars (M$) visant à construire les installations, acquérir le matériel et recruter le personnel dont il a besoin afin d'appuyer sa croissance. Le projet comprenait :

- la construction d'une nouvelle installation de 80 M$ dans le but de coordonner les activités de l'IIQ;
- l'acquisition de 20 M$ en instruments scientifiques quantiques;
- un octroi pouvant atteindre jusqu'à 100 M$ dans le dessein d'établir un programme de classe mondiale en matière de recherche en information quantique, dont l'embauche de personnel pour ce dernier, y compris des programmes de formation et des mécanismes de transfert des connaissances;
- la reconnaissance du fonds de dotation de 100 M$ afin d'assurer la sécurité des coûts éventuels des activités de l'IIQ.

Dans le cadre du présent projet, le Budget de 2009 du gouvernement du Canada a alloué une subvention totalisant 50 M$, sur une période de cinq ans, à l'IIQ dans le but d'appuyer la construction et la mise sur pied d'un établissement de recherche à la fine pointe de la technologie qui contribuera à l'atteinte des buts de la Stratégie fédérale en matière de sciences et technologies (S et T). Le projet a également reçu l'appui de donateurs privés (Mike et Ophelia Lazaridis), du gouvernement de l'Ontario et de l'Université de Waterloo.

But de l'évaluation et méthodologie

Conformément à la *Politique sur l'évaluation* du Conseil du Trésor et à la *Directive sur la fonction d'évaluation*, l'évaluation a porté sur deux questions fondamentales, soit la pertinence et le rendement de la subvention d'Industrie Canada accordée à l'IIQ. L'évaluation couvre la période de 2009-2010 à 2013-2014 et les constatations sont fondées sur l'analyse de nombreux éléments de preuves. La méthodologie utilisée comprenait une étude de documents, la réalisation d'une analyse documentaire, des entrevues, une analyse du contexte, une analyse scientifique des données et des études de cas.

Constatations

Pertinence

Il existe un besoin continu d'accroître la recherche et d'améliorer la capacité d'innovation au Canada comme moyen de faire en sorte que la société canadienne puisse tirer profit des avantages sur les plans tant social qu'économique. L'IIQ répond à ce besoin grâce à une approche multidisciplinaire axée sur le cycle d'innovation et qui accorde de l'importance à l'information quantique et à la recherche en informatique quantique; il s'agit d'un domaine technologique avec des avantages éventuels élargis. L'IIQ est l'organisme le mieux placé, au sein du Canada et sur le plan international, pour contribuer au développement des sciences quantiques et aux technologies connexes auxquelles il se rattache.

L'appui que reçoit l'IIQ cadre avec les priorités du gouvernement fédéral liées aux S et T comme le prévoit la *Stratégie des S et T* de 2007 et les budgets fédéraux ultérieurs. Les objectifs et les activités de l'IIQ sont également harmonisés avec les résultats stratégiques d'Industrie Canada.

L'appui que reçoit l'IIQ cadre avec les rôles et les responsabilités du gouvernement afin d'encourager le développement des S et T et s'harmonise avec le mandat d'Industrie Canada. De plus, l'appui donné à l'IIQ par l'intermédiaire d'Industrie Canada semble être logique et complémentaire aux autres initiatives de financement.

Rendement

Dans l'ensemble, l'IIQ atteint la plupart de ses résultats immédiats : les chercheurs de l'IIQ ont accès à l'un des meilleurs établissements de recherche au monde en ce qui a trait à l'information quantique et au matériel, et ce dernier attire et forme des chercheurs et des étudiants de haut calibre. Relativement à la vigilance et aux connaissances accrues, l'IIQ a suscité l'intérêt auprès de divers groupes.

La recherche qui se déroule à l'IIQ est de plus en plus intensive et a fait un bond sur le plan de l'excellence comme indiqué par les réseaux de collaboration améliorés, par les taux de publIndustrie Canadaations et de citations plus élevés, de même que sa réputation au sein de la collectivité scientifique. L'IIQ est en voie d'être reconnu comme un chef de file au regard de l'information quantique.

La structure de prestation actuelle de l'IIQ a fait preuve à la fois d'efficience et d'économie puisqu'elle met à profit d'autres ressources, réduit les coûts par transaction et utilise les processus de gestion existants de l'Université de Waterloo.

Recommandations

Dans l'ensemble, l'évaluation n'a cerné aucun enjeu important lié à la subvention accordée à l'IIQ et, par conséquent, ne formule aucune recommandation.

1.0 INTRODUCTION

Le présent rapport fait état des résultats d'une évaluation de la subvention d'Industrie Canada accordée à l'IIQ. Cette évaluation avait pour but d'évaluer la pertinence et le rendement de la subvention d'Industrie Canada accordée à l'IIQ. Le rapport renferme quatre sections :

- La section 1 fournit le contexte et le profil de l'IIQ;
- La section 2 présente la méthodologie d'évaluation et une analyse des limites des données;
- La section 3 fait état des résultats se rapportant aux questions de l'évaluation relatives à la pertinence et au rendement;
- La section 4 résume les conclusions de l'étude.

1.1 Contexte du programme

L'IIQ est un organisme de recherche multidisciplinaire au sein de l'Université de Waterloo et s'accompagne d'un partenariat des gouvernements fédéral et provinciaux avec la philanthropie de Mike et Ophelia Lazaridis. En s'appuyant sur les compétences reconnues à l'échelle internationale de l'Université de Waterloo en matière de mathématiques et en science informatique, l'IIQ a été déclaré, en 2002, officiellement institut de recherches à l'Université de Waterloo. Il vise à favoriser la recherche pionnière en matière de recherche en information quantique, dans le contexte d'une vision plus large, laquelle entend que « l'exploitation des mécanismes quantiques engendrera des technologies de transformation produisant des retombées pour la société et permettant à l'IIQ de devenir un nouveau moteur du développement économique au XXIe siècle »[1]. Trois objectifs stratégiques sous-tendent l'ensemble des activités de l'organisme :

- fixer l'établissement de Waterloo en tant que centre de recherche de renommée internationale sur le plan de la recherche dans le domaine des technologies quantiques et leurs applications;
- attirer le personnel hautement qualifié (PHQ) en matière de recherche en informatiqon quantique;
- établir l'IIQ comme source faisant autorité de l'aperçu, de l'analyse et des commentaires au sujet de la recherche en information quantique.

Au cours des années suivant la mise sur pied de l'IIQ, l'organisme a attiré les meilleurs chercheurs de partout dans le monde et les publications scientifiques ainsi que la collaboration ont été accrues. Afin d'élargir son rôle de leader et tirer avantage de la réputation qu'il s'est bâtie, l'IIQ s'attache à créer un milieu de recherche ainsi que des installations propices à la croissance. En 2008, l'Institut a lancé un projet de 300 M$ visant à construire les installations, acquérir le matériel et recruter le personnel dont il a besoin afin d'appuyer sa croissance. Le projet comprenait :

- la construction d'une nouvelle installation de 80 M$ dans le but de coordonner les activités de l'IIQ;
- l'acquisition de 20 M$ en instruments scientifiques quantiques;

[1] Site web de l'IIQ : http://iqc.uwaterloo.ca/institute

- un octroi pouvant atteindre jusqu'à 100 M$ dans le dessein d'établir un programme de classe mondiale en matière de recherche en information quantique, dont l'embauche de personnel pour ce dernier, y compris des programmes de formation et des mécanismes de transfert des connaissances;
- la reconnaissance du fonds de dotation de 100 M$ afin d'assurer la sécurité des coûts éventuels des activités de l'IIQ.

Dans le cadre du présent projet, le Budget de 2009 s'est engagé à octroyer 50 M$, sur une période de cinq ans, à l'IIQ dans le but d'appuyer la construction et la mise sur pied d'un établissement de recherche à la fine pointe de la technologie qui contribuera à l'atteinte des buts de la Stratégie fédérale en matière de S et T. Le projet a également reçu l'appui de donateurs privés (Mike et Ophelia Lazaridis), du gouvernement de l'Ontario et de l'Université de Waterloo.

1.2 Description de l'IIQ

L'IIQ rassemble des chercheurs en vue de mener des recherches en collaboration, offre de la formation et des programmes de mentorats aux étudiants diplômés et réalise diverses activités de diffusion scientifique.

La méthode de recherche à l'IIQ, laquelle est essentiellement interdisciplinaire, vise à parvenir à une masse critique de chercheurs dans les domaines de l'informatique, des mathématiques, de la science physique et du génie. L'étendue de la recherche à l'IIQ porte sur divers sujets allant des fondements de la recherche en information quantique au développement des technologies quantiques. Les chercheurs en sciences pures (théoriciens) et les expérimentateurs poursuivent un nombre distinct, mais complémentaire, d'avenues de recherche afin de mieux comprendre et utiliser l'information quantique. L'attention est axée sur trois principales applications : le matériel informatique; le matériel de communication; les capteurs.

La mécanique quantique permet à ces applications d'être à la fois plus efficaces et plus précises de ce qui peut être fait par l'intermédiaire de dispositifs traditionnels. Par exemple, l'informatique quantique est un concept futur pour les ordinateurs reposant sur la mécanique quantique. Elle utilise le nombre de bits quantiques (qubits), lequel peut retenir un nombre infini de valeurs par opposition au code binaire 0 et 1 dans un ordinateur classique. Il est estimé qu'un tel dispositif peut prendre en charge plusieurs opérations simultanément et peut intégrer de grands nombres 10 000 fois plus rapidement que les ordinateurs actuels. Bien que la science soit toujours à la phase de recherche, les applications éventuelles de cette technologie sont, quant à elles, innombrables.

L'IIQ, en collaboration avec la faculté des sciences, des mathématiques et du génie de l'Université de Waterloo, offre aux diplômés des possibilités de s'intéresser et de se livrer à la recherche en information quantique par l'entremise d'un vaste éventail de projets de recherche avancée et de cours avancés au sujet des fondements, des applications et de la mise en œuvre du traitement de l'information quantique. Les étudiants satisfont aux exigences de leur Faculté aux côtés des exigences particulières du programme relatif à l'information quantique. Également, un programme de mentorat pour les boursiers postdoctoraux a été mis au point.

L'organisme poursuit aussi un programme général de sensibilisation visant à partager et expliquer ses recherches. Les activités de rayonnement visent différents destinataires, allant des étudiants éventuels et de la Faculté au grand public et aux partenaires du gouvernement, des universités et de l'industrie. Les activités comprennent des rencontres avec les diplômés, des conférences destinées au grand public, des colloques, des collaborations culturelles, des visites d'établissements d'études secondaires, des publications et des médias sociaux.

1.3 Conception du programme et gouvernance

La Direction des partenariats scientifiques d'Industrie Canada (faisant partie de la Direction générale de la coordination de programme au sein du Secteur science et innovation) a la responsabilité d'exécuter le programme de subvention du gouvernement fédéral à l'IIQ, de même qu'assurer la gestion continue et la surveillance du financement. L'entente de financement avec l'IIQ est l'une des nombreuses ententes conclues avec Industrie Canada qui font appel à une tierce partie en guise de mécanisme de prestation à l'égard de la Stratégie fédérale en matière de S et T.

L'IIQ est régie par l'intermédiaire d'un Comité exécutif, d'un Conseil d'administration, d'un directeur exécutif et d'un Comité consultatif scientifique. Les rôles et responsabilités sont comme suit :

- *Comité exécutif* : se compose de cadres supérieurs de l'Université de Waterloo qui fournissent des conseils au directeur exécutif et à l'équipe de cadres supérieurs de l'IIQ. Le Comité exécutif est tenu responsable de surveiller l'ensemble de l'orientation et du rendement de l'organisme.

- *Conseil d'administration* : est composé de chefs de file reconnus à l'échelle internationale en provenance d'universités, d'entreprises ou du gouvernement. Le Conseil d'administration se réunit deux fois l'an et fournit des conseils stratégiques sur toutes les facettes de la gestion, y compris les finances, la planification, la commercialisation et les activités de sensibilisation (relations externes).

- *Directeur exécutif* : supervise les directeurs, la Faculté et les comités de l'IIQ. Les membres de la Faculté à l'IIQ tiennent des nominations dans les départements de l'Université de Waterloo et à ce titre, sont régies par les politiques de l'Université sur l'obtention d'une nomination, d'une promotion et d'un emploi. L'ensemble de la Faculté prend part aux évaluations annuelles (évaluations du rendement) exécutées par leurs départements. Le directeur exécutif de l'IIQ commente les contributions de chaque membre aux directeurs des départements.

- *Comité consultatif scientifique* : est un organisme indépendant qui se réunit sur une base annuelle (plus souvent, au besoin). Le Comité consultatif scientifique comprend sept scientifiques reconnus à l'échelle internationale dans le domaine de l'information quantique[2]. Il fournit des conseils concernant l'orientation de la recherche, la concentration et la stratégie

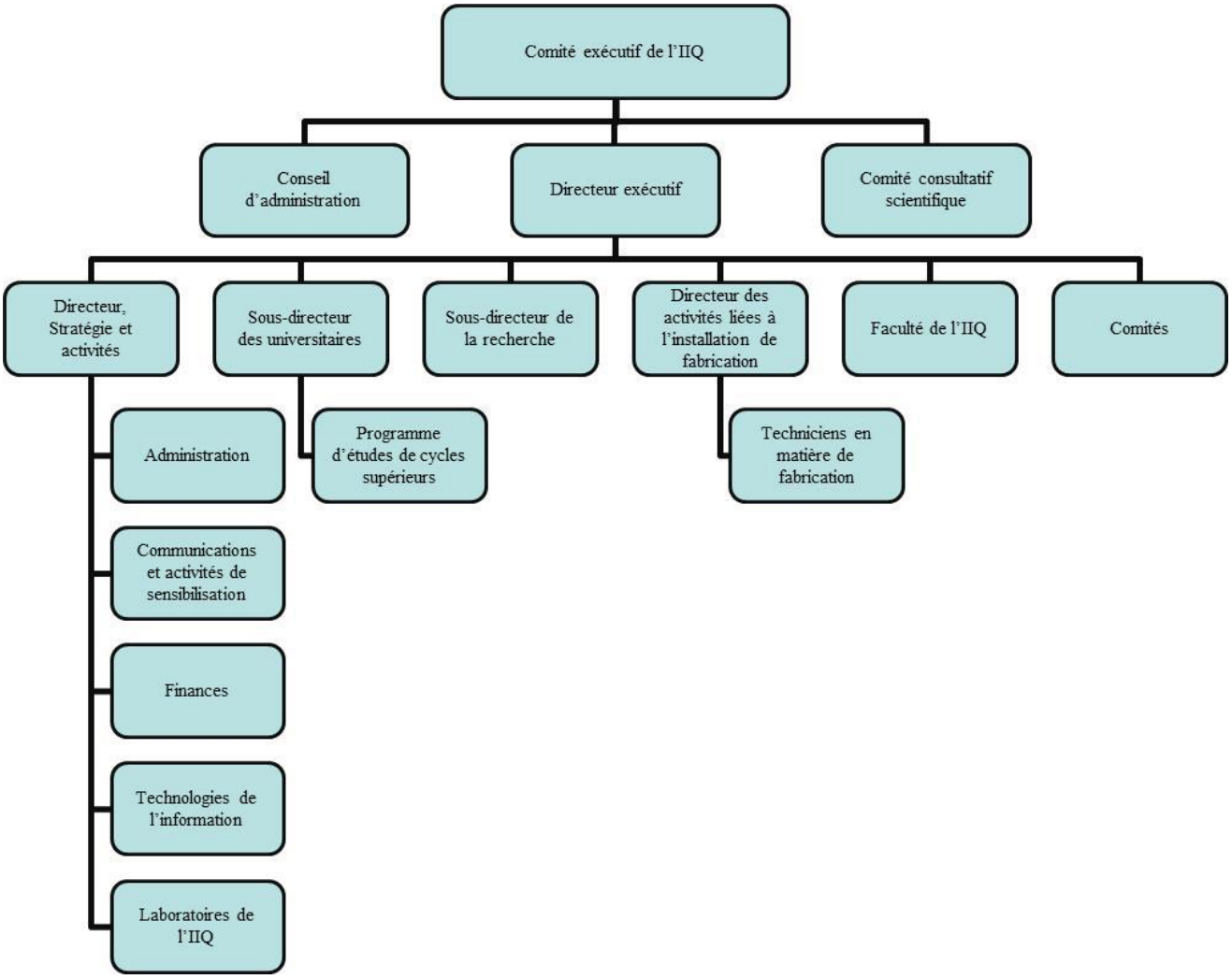
[2] Constitution de l'IIQ et sur le site Web de l'IIQ : consulté le 16 octobre 2013 à partir de l'adresse suivante : http://iqc.uwaterloo.ca/iqc-directory/scientific-advisors?searchterm=scientific+adv

à long terme de l'IIQ et produit des rapports à l'intention du Comité exécutif.

De plus, l'Institut effectue un suivi de l'information touchant la recherche, les activités de sensibilisation et les autres contributions à l'IIQ relativement à son propre processus de renouvellement d'adhésion. Les membres sont élus à l'IIQ pour une période de cinq ans. L'organisme tient des réunions mensuelles avec les membres de la Faculté dans le dessein de discuter des questions relatives à la Faculté et à l'embauche de boursiers postdoctoraux, aux chercheurs invités, au programme d'études supérieures, aux colloques et séminaires à venir, aux bourses, ainsi qu'aux autres problèmes à mesure qu'ils surviennent.

La figure 1 décrit la structure organisationnelle actuelle de l'IIQ :

Figure 1 : Structure de régie actuelle de l'IIQ



Source : Rapport annuel de l'IIQ de 2013 à Industrie Canada

1.4 Intervenants

Outre INDUSTRIE CANADA, plusieurs intervenants ont sollicité la participation et continuent de la stimuler quant au développement de l'IIQ. Les principaux intervenants sont les suivants :

- *Partenaires financiers :* comprennent Mike et Ophelia Lazaridis, le gouvernement de l'Ontario, l'Université de Waterloo, la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG).

- *Partenaires de l'industrie :* l'IIQ collabore avec des partenaires de l'industrie tels que les entreprises *COM DEV* (un chef de file pour la fourniture à l'industrie aérospatiale), *BlackBerry*, les technologies *Excelitas* (systèmes électroniques et optoélectroniques) et *Neptec* (les machines 3D pour l'aérospatial et les applications industrielles et militaires).

- *Institut Perimeter for Theoretical Physics* : avec l'attention particulière qu'il accorde à l'informatique et à l'expérience physique, l'IIQ complète les programmes de l'Institut Perimeter sous la rubrique de la physique théorique.

- *Incubateurs d'entreprises* : l'écosystème sur les plans de la science et de la technologie dans la région de Waterloo comprend d'autres centres, qui participent à l'entrepreneuriat et à la commercialisation, tels que : l'*Accelerator Centre* de Waterloo, le *Communitech* et le centre *Accelerator for Commercialization Excellence*.

1.5 Ressources

Un financement de 50 M$, étalés sur cinq ans, a été accordé par le gouvernement fédéral à titre de subvention, dans le but d'assurer les points suivants :

- appuyer les coûts relatifs à la construction d'un nouveau bâtiment (25 M$);
- acheter des petits appareils (5 M$);
- recruter et maintenir en poste un personnel hautement qualifié, effectuer des activités liées au transfert des connaissances et à la communication, appuyer le personnel de l'administration et les techniciens et recouvrer les coûts des matériaux et des fournitures (20 M$).

Le financement a été accordé de la façon suivante :

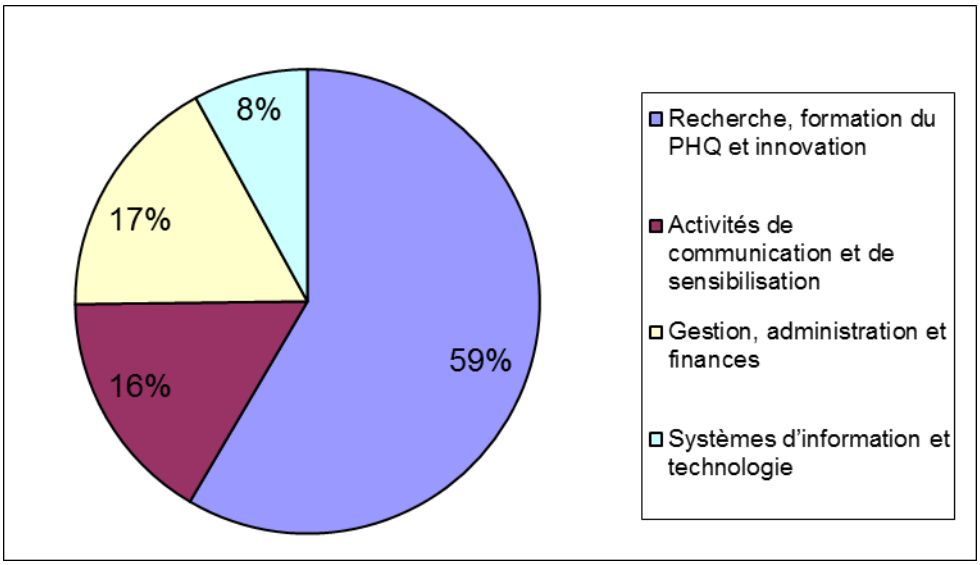
Tableau 1 : Dépenses de l'IIQ (en milliers de dollars) de 2009-2010 à 2013-2014

	2009-2010 (données réelles)	2010-2011 (données réelles)	2011-2012 (données réelles)	2012-2013 (données réelles)	2013-2014 (prévisions)	Total
Bâtiment	12 615	12 385	-	-	507	25 507
Appareils de recherche	938	1 062	1 309	529	1 600	5 438
Personnes et activités	2 947	3 553	3 691	5 164	3 700	19 055
Total	16 500	17 000	5 000	5 693	5 807	50 000

Source : Industrie Canada et les fiches financières de l'IIQ

L'IIQ a alloué 11,1 M$ des dépenses dans la catégorie *personnes et activités* pour la recherche, *la formation de PHQ et l'innovation*. 3,1 M$ et 3,2 M$ ont été impartis respectivement aux activités de c*ommunication, de sensibilisation* et de *gestion, à l'administration et aux finances* et 1,5 M$ a été attribué au groupe des *systèmes d'information et technologie*. La figure 2 présente un résumé de cette ventilation exprimé sous forme de pourcentage du montant total des dépenses relativement à la catégorie *personnes et activités*.

Figure 2 : Ventilation des dépenses de l'IIQ en ce qui concerne les personnes et les activités de 2009-2010 à 2013-2014



Source : Industrie Canada et les fiches financières de l'IIQ

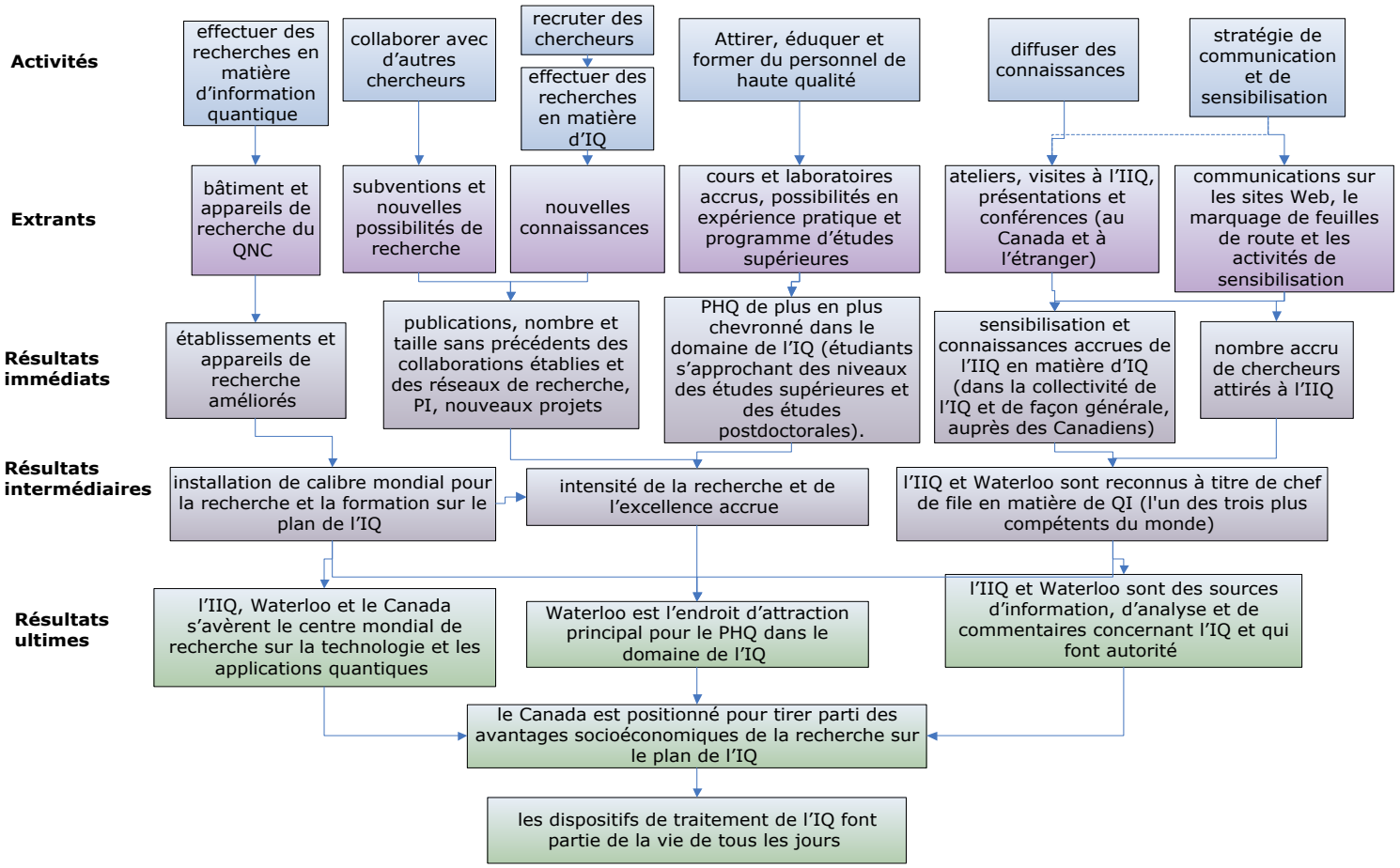
1.6 Résultats attendus du programme et modèle logique

Les résultats attendus de l'investissement de 50 M$ du gouvernement fédéral accord à l'IIQ visent à :

- accroître les connaissances dans les divers domaines et sous-domaines de l'informatique quantique;
- créer de nouvelles possibilités pour les étudiants d'apprendre et d'appliquer de nouvelles connaissances qui profiteront au Canada;
- donner au Canada une image en tant que destination de choix pour effectuer des recherches sur les technologies quantiques et attirer au pays les meilleurs chercheurs du monde;
- positionner le Canada pour qu'il puisse tirer pleinement profit des avantages économiques et sociaux de la recherche dans ce domaine.

Le modèle logique pour le programme, illustré à la Figure 3, a été élaboré en 2009 dans le cadre de la stratégie de mesure du rendement de l'IIQ. Les résultats immédiats et intermédiaires qui s'harmonisent avec les résultats attendus de l'investissement de 50 M$ du gouvernement fédéral ont été utilisés afin d'orienter l'examen de la question fondamentale sur laquelle axer l'évaluation : la réalisation des résultats attendus.

Figure 3 : Modèle logique de l'Institut de l'informatique quantique



2.0 MÉTHODOLOGIE

La présente section traite de l'approche, de l'objectif et de l'étendue de l'évaluation; des points qui ont été couverts par l'évaluation et des questions auxquelles on a tenté de répondre; de la méthode d'évaluation et des limites des données recueillies.

2.1 Approche de l'évaluation

Comme plusieurs évaluations des programmes du gouvernement, la présente est fondée sur les résultats attendus du programme comme il est indiqué dans les documents fondamentaux ainsi que dans le modèle logique. L'évaluation a utilisé diverses méthodes de recherche, y compris un examen des documents, une analyse documentaire, des entrevues, des études de cas, une analyse du contexte, un examen scientifique par les pairs et une analyse des médias sociaux.

2.2 Objectif et portée

Une évaluation de l'IIQ est obligatoire aux termes de l'article 42.1 de la *Loi sur la gestion des finances publiques* (LGFP). Conformément à la *Politique sur l'évaluation* et à la Directive sur la fonction d'évaluation du Conseil du Trésor, elle avait pour objectif d'étudier la pertinence et le rendement du programme.

Cette évaluation portait sur la période d'avril 2009 à septembre 2013.

2.3 Enjeux et questions

Conformément au programme de la stratégie de mesure du rendement et aux consultations subséquentes effectuées auprès du programme, l'évaluation a tenté de répondre aux questions suivantes :

Pertinence

1. Le besoin d'accroître la capacité du Canada en matière de recherches et d'innovation est-il toujours nécessaire? L'IIQ répond-il à ce besoin?

2. Dans quelle mesure les objectifs et les activités de l'IIQ s'harmonisent-ils avec les buts prioritaires du gouvernement fédéral et les résultats stratégiques d'Industrie Canada?

3. Le soutien apporté à l'IIQ s'harmonise-t-il avec les rôles et responsabilités du gouvernement fédéral?

Rendement

4. Dans quelle mesure l'IIQ a-t-il atteint ses résultats immédiats?

   - À quel point les établissements et appareils de recherche de l'IIQ ont-ils été améliorés?
   - À quel point l'IIQ a-t-il attiré et formé du PHQ (chercheurs et étudiants de haut calibre)?

- À quel point la sensibilisation et les connaissances de l'information quantique et de l'IIQ ont-elles été accrues?

5. Dans quelle mesure l'IIQ est-il en voie d'atteindre ses résultats intermédiaires?

- La recherche effectuée et la formation offerte à l'IIQ ont-elles entraîné un accroissement de l'intensité ou de l'excellence?
- L'IIQ est-il en voie d'être reconnu comme un chef de file dans le domaine de l'information quantique?

6. Dans quelle mesure le programme fait-il preuve d'efficience et d'économie?

2.4 Méthodes de collecte des données

On a néanmoins eu recours à diverses sources de données pour répondre aux questions de l'évaluation : un examen des documents, une analyse documentaire, ds entrevues, une analyse du contexte, un examen scientifique par les pairs, une analyse des données et des études de cas.

Examen des documents

On a procédé à un examen des documents en vue de mieux comprendre le processus de consultation obligatoire et de déterminer les facteurs qui influencent la pertinence et le rendement. Parmi les principaux documents figuraient notamment les budgets du gouvernement du Canada et les discours du Trône, la présentation de l'IIQ au Conseil du Trésor, les autres documents de politiques, les lois fédérale et provinciale pertinentes, les Rapports sur les plans et les priorités du Ministère, les Rapports ministériels sur le rendement, les plans d'activités du programme, les rapports annuels, les rapports sur le rendement et l'évaluation à mi-parcours de l'IIQ supervisée par les bénéficiaires. Les politiques et les processus internes au sein de l'IIQ ont également fait l'objet d'une évaluation dans le but de démontrer la mesure dans laquelle sont en place les mécanismes d'optimisation des ressources qui visent à veiller à l'efficience et à l'économie.

Examen de la documentation spécialisée

L'examen de la documentation spécialisée portait principalement sur des questions fondamentales concernant l'évaluation du besoin continu et des rôles et des responsabilités du gouvernement fédéral. Plus particulièrement, l'examen de la documentation spécialisée a vérifié le besoin continu d'accroître la capacité en matière de recherches et d'innovation et le rôle des fonds fédéraux à l'appui de la R-D au Canada et au sein des autres administrations à l'étranger.

Entrevues

Les entrevues avaient pour objectif de recueillir de l'information détaillée, notamment des opinions, des explications et des faits liés aux questions de l'évaluation. Les entrevues étaient conçues pour obtenir de l'information qualitative de divers répondants. Les entrevues ont été

réalisées en personne, de concert avec deux visites effectuées à l'IIQ, ou par téléphone si une entrevue en personne était irréalisable.

Des entrevues ont été réalisées auprès d'un total de 38 participants et comprennent les groupes suivants :

- Gestion de l'IIQ (4).
- Membres du Conseil d'administration de l'IIQ/gestion de l'Université de Waterloo (4).
- Industrie Canada (4).
- Étudiants d'un niveau plus avancé (8 entrevues ont été menées comme deux entrevues de groupe).
- Des entrevues ont également été menées en vue d'appuyer d'autres éléments de preuve, plus précisément, l'analyse du contexte (5), l'examen scientifique par les pairs (6) et les études de cas (7).

Analyse du contexte

Une analyse du contexte a été effectuée afin d'évaluer le rôle que joue l'IIQ au sein de l'écosystème de l'innovation et de la commercialisation dans la région de Kitchener-Waterloo ou de la vision de la « vallée quantique » (*Quantum Valley*). L'expression *vallée quantique* est employée pour caractériser la vision de l'avenir de la région de Kitchener-Waterloo. La vision comprend la création d'un groupe de recherche entourant l'information quantique, tout en instaurant une culture entrepreneuriale et en apportant du soutien à la mise sur pied d'un domaine aux technologies connexes axé sur la commercialisation des technologies quantiques. La documentation spécialisée qui étudie la théorie et la réussite des groupes régionaux, pour ce qui est de favoriser l'innovation, a été passée en revue. Les entrevues menées auprès des cinq principaux intervenants, lesquels font partie de la vision de la vallée quantique, se sont déroulées comme suit :

- Incubateurs d'entreprises (2) : plusieurs organismes conçus pour appuyer la création, la croissance et la réussite des entreprises par le biais d'un ensemble de ressources et de services quant au soutien des entreprises qui ont été mis en place dans la région de Kitchener-Waterloo. Ces derniers comprennent le Communitech et le centre Accelerator for Commercialization Excellence.

- Instituts de recherche connexes (1) : l'Institut Perimeter, dans le cadre du réseau sur la recherche complémentaire.

- Université de Waterloo (2) : des représentants du programme *VeloCity*[3] et du Bureau du transfert technologique (au sein du Bureau de la recherche de l'Université) ont été appelés à se prononcer sur les processus dont elle s'est dotée visant à favoriser une culture entrepreneuriale.

[3] Le programme *VeloCity* offre des services qui s'adressent principalement aux, et visent à favoriser les, étudiant enclins sur le plan de l'entrepreneuriat, y compris une résidence, l'accès à des services de mentorat, un espace de bureau et un fonds de capital de risque concurrentiel.

Examen scientifique par les pairs

L'examen scientifique par les pairs est généralement reconnu comme un mécanisme principal à l'égard de l'évaluation de la qualité et de l'excellence de la recherche. L'équipe chargée de l'évaluation ont mis à profit l'expérience existante et les constatations du Comité consultatif scientifique de l'IIQ grâce a un examen de ses rapports annuels et de l'importance accordée à ses entrevues téléphoniques subséquentes avec la sélection des membres du Comité. Les guides des entrevues étaient conçus pour s'appuyer sur les constatations du Groupe de travail du Comité consultatif scientifique et structurés de façon à nécessiter un faible niveau d'effort des membres du Groupe de travail (p. ex., les points de vue fondés sur les connaissances actuelles ont été sollicités plutôt qu'exiger aux membres du Groupe de travail d'examiner les documents additionnels). D'autres entrevues avec des spécialistes indépendants du domaine scientifique ont également été menées. Ces entrevues ont été réalisées avec des spécialistes en provenance de l'*Institut de technologie du Massachusetts* (MIT), de l'*Institut de technologie de la Californie* (Caltech) et de l'*Université hébraïque de Jérusalem*. Cet élément de preuve permet la réalisation de l'évaluation de l'objectif de l'ensemble de la qualité des extrants de la recherche et, d'ordre plus général, de l'IIQ (c.-à-d. à titre d'installation de classe mondiale et en tant que destination de choix pour le PHQ).

Analyse des données

Deux types de données ont fait l'objet d'une analyse, notamment :

- Les données administratives : les renseignements sur les activités de l'Institut ont été analysés en vue d'évaluer l'efficience et l'économie de l'exécution du programme.

- Le Web analytique : la surveillance des médias sociaux et les mesures Web, comme il est indiqué dans le rapport annuel de 2013, ont été analysées afin de mesurer le degré de sensibilisation et les connaissances de l'information quantique et de l'IIQ. Les exemples comprennent des tendances dans le nombre de visites sur *YouTube* pour des vidéos au sujet de l'IIQ et les abonnés sur *Twitter*.

Études de cas

De concert avec le rapport annuel de 2012, l'IIQ a préparé quatre études de cas qui font ressortir les nombreuses réalisations scientifiques qui ont mené au transfert des connaissances dans le domaine de l'information quantique. L'évaluation s'appuie sur trois de ces études de cas en réalisant sept entrevues avec les chercheurs principaux, les co-enquêteurs et les partenaires de l'industrie, qui sont les utilisateurs potentiels de la recherche effectuée par l'IIQ. Cet élément de preuve a réglé les problèmes de rendement, plus précisément l'atteinte des résultats immédiats, et à savoir si l'IIQ est en voie d'atteindre des résultats intermédiaires.

2.5 Limites des données

Le calendrier s'est avéré une limite pour la présente évaluation. Afin de satisfaire aux exigences aux termes de l'article 42.1 de la LGFP, cette évaluation doit être parachevée en mars 2014. Par

conséquent, l’évaluation a été effectuée qu’un an suivant l’achèvement de la construction des nouvelles installations. Cette circonstance a limité la capacité de l’évaluation à jauger toute l’incidence des nouvelles installations en accordant de nouvelles formes de recherche avancée. À des fins d’atténuation, la conception de l’évaluation compte différentes sources de données visant à évaluer les résultats atteints jusqu’à présent, de même que les résultats escomptés.

3.0 CONSTATATIONS

3.1 Pertinence

3.1.1 Le besoin d'accroître la capacité du Canada en matière de recherches et d'innovation est-il toujours nécessaire? L'IIQ répond-il à ce besoin?

Principale constatation : il existe un besoin continu d'accroître la capacité du Canada en matière de recherches et d'innovation comme moyen de faire en sorte que la société canadienne tire profit des avantages sur les plans tant social qu'économique. L'IIQ répond à ce besoin grâce à une approche multidisciplinaire axée sur le cycle d'innovation et qui accorde de l'importance à l'information quantique et à la recherche en informatique quantique; il s'agit d'un domaine technologique avec des avantages éventuels élargis. L'IIQ est l'organisme le mieux placé, au sein du Canada et sur le plan international, pour contribuer au développement des sciences quantiques et aux technologies connexes auxquelles il se rattache.

Le besoin d'accroître la capacité du Canada en matière de recherches et d'innovation

En mai 2007, le premier ministre a présenté la Stratégie fédérale des S et T, intitulée *Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada*, établissant un cadre pluriannuel visant à améliorer la compétitivité à long terme du Canada et la qualité de vie de ses citoyens. Cette Stratégie a été adoptée dans le but de relever les défis économiques et sociétaux du Canada, notamment l'écart croissant sur le plan de la productivité au pays par rapport aux États-Unis (É.-U.)[4]. Depuis 2007, l'écart de la productivité de la main-d'œuvre entre le Canada et les É.-U. a continué de croître[5].

On reconnaît généralement que le niveau de vie d'une société sur le plan matériel dépend de la productivité, ce qui entraîne des augmentations de la moyenne du revenu par habitant et de la compétitivité des entreprises. Cette productivité est principalement le résultat découlant de l'innovation[6]. Selon le rapport de 2012 du Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation (CSTI), l'innovation requiert l'instauration des connaissances ou de la technologie sur le marché, propice à la création de la valeur, ou au sein d'un organisme, où des gains d'efficacité sont produits[7]. Au cœur du processus d'innovation se trouvent les personnes qui « suscitent des idées et produisent des connaissances, puis appliquent ces connaissances, les technologies qui en résultent, les produits et les services en milieu de travail et en tant que consommateurs[8]. »

[4] *Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada*, gouvernement du Canada, p.2, 2007 http://www.ic.gc.ca/eic/site/icgc.nsf/vwapj/S-Tresume.pdf/$file/S-Tresume.pdf
[5] CSTI (2012). *L'état des lieux en 2012.*
[6] Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport par le comité d'experts. Innovation Canada : Le pouvoir d'agir, (c.-à.d.., le rapport de Jenkins), 2011.
[7] CSTI (2012). *L'état des lieux en 2012.*
[8] OCDE, « Principales constatations », rapport ministériel sur la stratégie d'innovation de l'OCDE (2010), p. 9. (http://www.ocde.org/fr/sti/45326349.pdf)

La S et T, y compris la recherche et le développement, comprend la création de nouvelles connaissances ou technologies[9]. L'écosystème des sciences, de la technologie et de l'innovation au Canada inclut de nombreux intervenants, y compris les gouvernements, les entreprises, les universités et les collèges, les organisations non gouvernementales, les collectivités et les personnes. Les liens entre ces intervenants facilitent l'échange et le déploiement créatif des connaissances, des capitaux, du talent et d'autres ressources nécessaires aux fins d'innovation. Plus précisément, les universités sont perçues comme étant essentielles dans le réseau de l'innovation, tous deux générant et attirant le capital humain exigé pour l'innovation[10].

Réponse de l'IIQ en regard de ces besoins

L'IIQ répond aux besoins énoncés susmentionnés grâce à une approche multidisciplinaire axée sur le cycle d'innovation et qui accorde de l'importance à l'information quantique et à la recherche en informatique quantique; il s'agit d'un domaine technologique avec des avantages éventuels élargis.

Étant au sein de l'Université Waterloo, l'IIQ est intégré dans un écosystème unique au Canada en matière de S et T. Il est situé près de l'Institut Perimeter, lequel est considéré comme un chef de file mondial sous la rubrique de la physique théorique et appui l'IIQ en effectuant des recherches fondamentales en physique quantique. La recherche à l'IIQ comprend six facultés universitaires et est axée sur le plein continuum de la recherche relatif aux ordinateurs quantiques et à l'information quantique. Cela comprend : la recherche fondamentale (travaux expérimentaux ou théoriques, entrepris sans aucune application en particulier ou utilisation en vue); la recherche appliquée (enquêtes initiales sur une application en particulier); le développement expérimental (travaux systématiques dont l'objectif est d'améliorer ou de créer de nouveaux matériaux, produits ou dispositifs) – constituant l'ensemble des éléments essentiels du réseau de l'innovation[11].

La documentation spécialisée suggère que, vers la fin de la commercialisation du spectre de l'innovation, la région de Waterloo possède une grappe technologique bien établie et à haut rendement. L'Université est très bien intégrée dans cette grappe et appuie activement son expansion en créant un grand bassin d'une main-d'œuvre hautement spécialisée, de brevet pour les nouvelles technologies, d'entreprises connexes ainsi que d'autres activités propices à l'entrepreneuriat. À cet égard, l'IIQ a noué un nombre de relations avec les programmes et les organismes sans but lucratif de l'Université de Waterloo en vue de faciliter l'interaction avec le réseau existant d'entreprises locales et mondiales. Les organismes suivants font partie de l'écosystème des sciences, de la technologie et de l'innovation dans la région de Waterloo et participent avec l'IIQ à faciliter l'entrepreneuriat et la commercialisation de la recherche :

- le Bureau de la commercialisation de l'Université de Waterloo offre des services sous forme d'évaluations de la propriété intellectuelle, des investissements et de la gestion (p. ex., les brevets et les droits d'auteurs), des moyens de commercialisation et des stratégies, de même

[9] CSTI (2012). *L'état des lieux en 2012*.
[10] OCDE, « Principales constatations », rapport ministériel sur la stratégie d'innovation de l'OCDE (2010), p. 10. (http://www.ocde.org/fr/sti/45326349.pdf)
[11] CSTI (2012). *L'état des lieux en 2012*.

que le prototypage et la contribution à la rédaction des demandes aux programmes du gouvernement;

- le programme *VeloCity* de l'Université de Waterloo appuie les étudiants par l'intermédiaire d'ateliers, de discussions et d'événements de réseautage, fournit de l'encadrement, des conseils et offre des locaux libres pour les entreprises en démarrage, et octroie un fonds industriel qui permet aux étudiants de faire concurrence en vue de l'obtention d'une subvention de démarrage de 25 000 $;

- le *Communitech* offre du soutien aux entreprises de technologies à toutes les phases de leur croissance et de leur développement — du démarrage aux entreprises de taille moyenne qui croissent rapidement et aux grands intervenants internationaux. Cela comprend la facilitation des partenariats entre l'industrie et les universitaires, telle que la collaboration de l'IIQ en vertu du programme BASES.DE.DONNÉES qui cherche à investir les capacités relatives à la saisie des données et à améliorer les techniques d'exploration des données;
- l'*Accelerator Centre* vise à cultiver des entrepreneuriats sur le plan technologique en encourageant la commercialisation de la recherche et des technologies émergentes des établissements d'enseignement.

- les investissements liés à la *vallée quantique* constituent un fonds de 100 M$ accordé par le secteur privé, lequel investit dans les percées en matière d'information quantique et qui ont la capacité de s'imposer aux nouvelles technologies et applications pouvant être mises en marché. À l'heure actuelle, deux membres de la Faculté de l'IIQ siègent au Comité consultatif scientifique sur le fonds d'investissement.

Selon le rapport de Jenkins (2011), un écosystème comme celui-ci est essentiel pour une collaboration efficace entre les entreprises et l'enseignement supérieur ainsi que la commercialisation éventuelle de la recherche[12]. Il apporte également son aide pour permettre de faire en sorte que Waterloo (et en fait tout le Canada) soit placé pour tirer profit des possibilités de commercialisation liées aux technologies quantiques[13].

Comme l'ont montré les personnes interrogées, la technologie quantique (laquelle comprend les ordinateurs et les autres dispositifs) s'avère la conséquence logique[14] que présente la trajectoire de la technologie actuelle et qui engendrera sensiblement des avantages au point de vue des dispositifs traditionnels qui auront vraisemblablement des répercussions étendues sur les plans social et économique. Par exemple, selon David Cory, président du Comité consultatif scientifique des investissements liés à la *vallée quantique* et de la Faculté de l'IIQ :

---

[12] Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport par le comité d'experts. Innovation Canada : Le pouvoir d'agir, (c.-à.d.., le rapport de Jenkins), 2011.

[13] Il est généralement admis que le financement de la collaboration en recherche touchant les réseaux entre les universités et l'industrie soit une stratégie efficace pour offrir du soutien au développement économique régional et aux grappes économiques. Pour de plus amples renseignements, consulter l'énoncé de politique de l'OCDE (mai 2007) – Grappes régionales concurrentielles : approches stratégiques nationales. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.oecd.org/regional/regional-policy/38653705.pdf

[14] Les améliorations exponentielles dans les capacités en matière d'instruments électroniques à affichage numérique sont en grande partie attribuables à la miniaturisation des transistors. C'est lorsque les transistors atteignent la taille d'un atome que les mécanismes quantiques entrent en jeu. (Schaller, R.R. (1997). La Loi de Moore : passé, présent et avenir. IEEE Spectrum. 34 (6), p. 52 à 59.)

Les mécanismes quantiques sont la loi naturelle ultime et lorsque nous concevons des appareils quantiques, nous sommes en mesure de réaliser des gains d'efficience qui sont de beaucoup supérieurs à tout appareil traditionnel existant. De nos jours, nous détenons des technologies quantiques fiables qui peuvent être déployées en tant que capteurs, servocommandes, canaux de communication et petits transformateurs. La séquence optimale est d'assurer la connexion de tels appareils de façon créative aux applications qui revêtent une importance dans divers domaines, y compris les domaines suivants : médical; de l'énergie; de la sécurité; du milieu; de la nanoscience; des essais non destructifs; etc. (http://quantumvalleyinvestments.com/management/)

De plus, l'analyse stratégique de l'information technique (ASIT) de l'évaluation des compétences quantiques de 2010 du Conseil national de recherches constate qu'il existe une capacité haussée pour les applications quantiques d'être perturbées[15]. Bien que plusieurs entreprises aient déjà pénétré le marché avec des produits relatifs au domaine de la distribution quantique principale, du chiffrement et des réseaux de communication, quelques questions techniques sont encore explorées et la majorité des projets sont toujours à la phase de la démonstration du développement. Le présent rapport a également relevé que la quantité et la qualité des activités de recherche de l'IIQ étaient très estimées. En 2010, l'IIQ venait au cinquième rang de la liste des 20 principales organisations internationales du CRSNG quant aux compétences quantiques et était le seul organisme canadien inscrit sur la liste[16].

Les entrevues menées auprès des chercheurs indépendants en science quantique ont de même souligné que l'IIQ possède l'un des plus importants programmes en informatique quantique au monde et établit le programme de la recherche internationale dans un nombre de domaines en information quantique. Il a toujours attiré des chercheurs de haut calibre, crée de façon active des partenariats avec les chercheurs reconnus à l'échelle internationale et a établi des partenariats avec un nombre d'organismes du secteur privé et ces derniers paraissent tous essentiels afin d'augmenter l'effectif de la S et T[17,18 et 19] au Canada.

3.1.2 Dans quelle mesure les objectifs et les activités de l'IIQ s'harmonisent-ils avec les buts prioritaires du gouvernement fédéral et les résultats stratégiques d'Industrie Canada?

Principale constatation : l'appui que reçoit l'IIQ cadre avec les priorités du gouvernement fédéral liées aux S et T comme le prévoit la *Stratégie des S et T* de 2007 et les budgets fédéraux ultérieurs. Les objectifs et les activités de l'IIQ sont également harmonisés avec les résultats stratégiques d'Industrie Canada.

[15] Le professeur Clayton M. Christensen de la Harvard Business School parle de technologie perturbatrice pour présenter la nouvelle technologie qui remplace inopinément une technologie instaurée. (1997) Christensen, C.M. *Le dilemme de l'innovateur*; Harper-Collins.
[16] Conseil national de recherches (2010). Évaluation de l'ASIT, compétences quantiques.
[17] CSTI (2012). *L'état des lieux en 2012*.
[18] Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport par le comité d'experts. Innovation Canada : Le pouvoir d'agir, (c.-à.d.., le rapport de Jenkins), 2011.
[19] OCDE, « Principales constatations », rapport ministériel sur la stratégie d'innovation de l'OCDE (2010), p. 10. (http://www.ocde.org/fr/sti/45326349.pdf)

Dans le cadre de la Stratégie des S et T, le gouvernement du Canada a manifesté son intention de favoriser trois avantages distincts en S et T au pays : un avantage entrepreneurial, un avantage du savoir et un avantage humain. Le Rapport sur les plans et les priorités de 2012-2013 d'Industrie Canada a insisté sur l'importance du besoin continu de se concentrer sur les trois critères du cadre de la S et T. l'IIQ, au cœur de ses activités et de son mandat, s'harmonise avec les trois avantages suivants :

- Avantage du savoir : se fonde sur la prémisse que les Canadiens doivent se positionner à la fine pointe des travaux importants qui engendrent des retombées pour la santé, l'environnement, la société et l'économie. La Stratégie des S et T désigne les technologies de l'information et des communications (TIC) comme l'un des quatre domaines de connaissances prioritaires. L'IIQ s'inscrit directement dans le sens du présent avantage en effectuant des travaux de recherche novateurs et de pointe et en mettant l'accent sur la collaboration interdisciplinaire ou internationale liée à l'information quantique et à l'informatique quantique;

- Avantage humain : se fonde sur la prémisse que le Canada doit être un aimant pour les personnes hautement qualifiées dont il a besoin pour prospérer dans l'économie mondiale d'aujourd'hui avec la main-d'œuvre la plus instruite, la plus compétente et la plus souple au monde. L'IIQ s'harmonise avec le présent avantage en offrant des possibilités de formation et d'apprentissage au PHQ;

- Avantage entrepreneurial : se fonde sur la prémisse que le Canada doit traduire davantage les connaissances en applications commerciales. Les projets de recherche de l'IIQ s'associent aux secteurs privé et industriel en vue de faciliter le transfert des connaissances. Il collabore activement avec l'infrastructure existante de la grappe de la haute technologie de Waterloo afin d'assurer la réalisation de la vision de la *vallée quantique*. La vision contient la création d'une grappe de recherche en matière de physique quantique, tout en encourageant une culture entrepreneuriale et en appuyant le développement ou un secteur technologique connexe axé sur la commercialisation des technologies quantiques.

Les budgets ultérieurs ont réitéré l'engagement pris par le gouvernement par rapport aux avantages générés par la Stratégie des S et T. Quelques exemples de ces références sont indiqués dans le tableauTableau :

Tableau 2 : Appui du gouvernement à l'égard des progrès réalisés dans les domaines des sciences et de la technologie, des connaissances et de l'innovation

Annonces	Référence visant à appuyer les progrès scientifiques et technologiques et l'avancement des connaissances et de l'innovation
Budget de 2009	Le Budget de 2009 accordera 50 M$ à l'IIQ afin d'appuyer la construction et la mise sur pied d'un nouvel établissement de recherche de calibre mondial qui concourra à l'atteinte des buts de la Stratégie des S et T du gouvernement.
Budget de 2010	Le Plan d'action économique du Canada investit environ 5 milliards de dollars (G$) dans les initiatives pluriannuelles liées à la science et à la technologie, un investissement sans précédent qui souligne l'engagement du gouvernement à sa Stratégie des S et T.
Budget de 2011	Les connaissances et l'innovation sont les facteurs de réussite dans l'économie mondiale au XXIe siècle. Dans le but d'être un chef de file mondiale en matière de connaissances et d'innovation, le Canada doit attirer et former des personnes talentueuses, accroître notre capacité quant à la recherche et au développement de classe mondiale, améliorer la commercialisation de la recherche et promouvoir l'éducation et le perfectionnement des compétences. Le Budget de 2011 démontre clairement ce leadership en proposant de nouvelles ressources visant à appuyer les recherches de pointe, les collaborations internationales et les centres de recherche de renommée mondiale au Canada.
Budget de 2013	Investir dans la recherche de renommée internationale et dans l'innovation et encourager une culture entrepreneuriale dynamique où les nouvelles idées franchissent les laboratoires et passent au marché. En appuyant les recherches et les technologies avancées, le gouvernement prend la décision d'investir dans la prospérité actuelle et future des Canadiens.

En outre, l'appui à l'égard de l'IIQ s'harmonise aux priorités d'Industrie Canada aux termes de l'activité de programme de la capacité des sciences, de la technologie et de l'innovation relevant de l'architecture d'alignement des programmes d'Industrie Canada. Cette activité de programme contribue au *résultat stratégique : les progrès réalisés dans les domaines des sciences et de la technologie, des connaissances et de l'innovation renforcent l'économie canadienne.* La subvention d'Industrie Canada accordée à l'IIQ est conforme à la priorité du Ministère qui vise à promouvoir l'économie du savoir, en approfondissant la Stratégie fédérale des S et T et en continuant de renforcer l'avantage du Canada en matière de connaissances, de ressources humaines et d'entrepreneuriat [20], et favorise l'atteinte de cette dernière.

[20] Budget des dépenses de 2013-2014 d'Industrie Canada — Rapports sur les plans et les priorités.

3.1.3 Le soutien apporté à l'IIQ s'harmonise-t-il avec les rôles et responsabilités du gouvernement fédéral?

Principale constatation : le soutien à l'égard de l'IIQ cadre avec les rôles et les responsabilités du gouvernement dans le but d'encourager le développement des sciences et de la technologie et s'harmonise avec le mandat d'Industrie Canada. En outre, le soutien offert à l'IIQ par l'intermédiaire d'Industrie Canada semble être logique et complémentaire aux autres initiatives de financement.

Harmonisation entre le soutien à l'égard de l'IIQ, le mandat d'Industrie Canada et les rôles et les responsabilités du gouvernement fédéral

Le mandat d'Industrie Canada, quant à l'appui des activités de S et T et des objectifs stratégiques au Canada, découle de la *Loi sur le ministère de l'Industrie* de 1995 au paragraphe 4(1), qui précise les pouvoirs, les tâches et les fonctions du ministre, et qui comprend les problèmes relatifs à l'industrie, à la technologie et aux sciences au Canada. En exerçant ces pouvoirs, le ministre a pour tâche d'établir, de recommander, de coordonner, de diriger et de mettre en œuvre les objectifs, opérations, programmes nationaux et pratiques concernant les objectifs énoncés à l'article 5 de la *Loi*, et d'en faire la promotion.

La subvention est accordée à l'IIQ en vertu de l'alinéa 14(1) de la *Loi*[21] et correspond aux objectifs établis en vertu des articles 5(d) « visant à favoriser le plein essor de la science et de la technologie et encourager leur utilisation optimale » et 5(e) « visant à favoriser la science et la technologie au Canada ».

La légitimité du rôle du gouvernement fédéral dans le soutien des S et T est étayée par un examen des documents de politique et des documents spécialisés évalués par les pairs. Les documents de politique ayant trait aux S et T et qui donnent un aperçu de la justification pour un tel appui ont été examinés dans de multiples administrations, y compris les États-Unis[22], l'Australie[23], le Japon[24], l'OCDE[25] et l'Europe[26]. Ces énoncés de la politique et recommandations déterminent tous le rôle clé en ce qui concerne l'appui du secteur privé, directement et indirectement, relativement à la recherche et l'innovation afin de veiller à ce que le

[21] L'alinéa 14(1) stipule que le ministre peut octroyer des subventions et des contributions à toute personne servant à faciliter la mise en œuvre de tout programme aux termes de la *Loi sur le ministère de l'Industrie* de 1995.

[22] Conseil présidentiel des conseillers sur la science et la technologie, 2012. *Le rapport à l'intention du président — transformation et possibilité : le futur de l'entreprise de recherche des É.-U.* (disponible en anglais seulement). Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_future_research_enterprise_20121130.pdf; Board on Higher Education and Workforce. (2012). *Research Universities and the Future of America: Ten Breakthrough Actions Vital to Our Nation's Prosperity and Security*. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13396

[23] Gouvernement australien, 2011. *Focusing Australia's Publicly Funded Research*. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.innovation.gov.au/Research/Pages/FocusingAustraliasPubliclyFundedResearch.aspx

[24] Council for Science and Technology Policy, 2010. *Japan's Science and Technology Basic Policy Report* (disponible en anglais seulement. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/4th-BasicPolicy.pdf

[25] OECD, 2007. *Innovation and Growth: Rational for an Innovation Strategy* (disponible en anglais seulement). Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.oecd.org/science/inno/39374789.pdf

[26] Commission européenne, 2010. A Rationale For Action — Europe 2020 Flagship Initiative — Innovation Union (disponible en anglais seulement). Consulté à partir de l'adresse suivante : http://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/rationale_en.pdf

pays ou la région vise une économie qui est forte et compétitive. Chose importante, ce soutien est nécessaire pour la recherche fondamentale et appliquée effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur, y compris les activités qui collaborent à l'innovation commerciale en aval.

En ce qui a trait au contexte canadien, l'importance que revêt le soutien du gouvernement pour ce qui est de la recherche fondamentale et appliquée a été révélée dans le rapport de Jenkins de 2011 « Les gouvernements fédéral et provinciaux jouent un rôle de premier plan dans la promotion d'un climat économique qui encourage l'innovation dans les entreprises — par exemple, par le soutien en regard à la recherche fondamentale et la recherche appliquée et la formation relative de personnes compétentes et hautement qualifiées […] les secteurs du gouvernement et de l'enseignement supérieur sont des intervenants clés dans le système d'innovation du Canada et complètent le rôle de l'entreprise[27]. »

Les contributions du secteur de l'enseignement supérieur versées au réseau de l'innovation ont, en outre, été révélées dans de nombreux documents de politique et dans des études réalisées par des universitaires [28 et 29]. En fait, le secteur de l'enseignement supérieur est actuellement le deuxième plus important exécutant de R-D au Canada (environ 38 %, en se fondant sur les dépenses) et compte sur le gouvernement fédéral pour s'occuper d'environ 25 % de ces activités. L'on considère largement que les universités assument un rôle dirigeant et stratégique dans le réseau d'innovation canadien[30], y compris la formation d'une main-d'œuvre hautement qualifiée[31 et 32] et de la maintenir en poste.

En outre, la subvention d'Industrie Canada accordée à l'IIQ semble concorder avec le soutien qui a été fourni aux sciences de l'information quantique par les gouvernements dans d'autres pays. L'ensemble des personnes interrogées, y compris les chercheurs en provenance de l'étranger, indique que les autres gouvernements accordent du financement à la recherche quantique. Même s'il n'est pas chose facile de déterminer le montant exact du financement, un fort accroissement dans les taux de publications internationales permet de penser que les gouvernements appuient les chercheurs dans ce domaine. L'ASIT de l'évaluation des compétences quantiques de 2010 du

---

[27] Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport par le comité d'experts. *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, (c.-à.d.., le rapport de Jenkins), 2011. (p. 1-2).

[28] Nelson, R.R, et Romer, P.M. (1996). Science, Economic Growth and Public Policy. *Challenge*, 39, 9-21 (en anglais seulement).

[29] Hessels, L.K., van Lente, H & Smits, R. (2009). In search of relevance: the changing contract between science and society. *Science and Public Policy*, 36, 387-401 (en anglais seulement).

[30] Sa, C. et Litwin, J. (2011). University-industry research collaborations in Canada: the role of federal policy instruments (en anglais seulement). *Science and Public Policy*, 38, 425-435 (en anglais seulement); Sa, C. (2010). Canadian Provinces and Public Policies for University Research. Higher Education Policy, 23, 335-357 (en anglais seulement); OCDE, Perspectives de *l'OCDE de la science, de la technologie et de l'industrie, 2012*. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.oecd.org/canada/sti-outlook-2012-canada.pdf; Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport par le comité d'experts. *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, 2011. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://examen-rd.ca/eic/site/033.nsf/vwapj/R-D_InnovationCanada_Final-fra.pdf/$FILE/R-D_InnovationCanada_Final-fra.pdf; Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport par le comité d'experts. *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, 2011. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://rd-review.ca/eic/site/033.nsf/vwapj/R-D_InnovationCanada_Final-eng.pdf/$FILE/R-D_InnovationCanada_Final-eng.pdf

[31] Collin, C. (2006). *Investissements du gouvernement fédérle dans la recherche-développement et le renforcement des capacités dans le secteur de l'enseignement supérieur*. Service d'information et de recherche parlementaires, Bibliothèque du Parlement.

[32] Gouvernement du Canada, 2007. *Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada*. Consulté à partir de l'adresse suivante : http://www.ic.gc.ca/eic/site/icgc.nsf/fra/h_00231.html

Conseil national de recherches[33] relève qu'il s'est produit une augmentation de plus de 300 % à l'échelle internationale dans les publications entre 2000 et 2009, avec les 20 principales organisations établies dans les pays suivants (rangés par ordre alphabétique) :

- Allemagne
- Australie
- Canada
- Chine
- É.-U.
- Japon
- Singapour
- Royaume-Uni (RU)

Degré de chevauchement entre la contribution d'Industrie Canada versée à l'IIQ et les autres programmes du gouvernement

L'IIQ reçoit une aide financière d'une variété de sources, y compris les fonds reçus du gouvernement fédéral par le CRSNG, l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et la FCI. Ces trois initiatives de financement se trouvent au cœur du portefeuille d'Industrie Canada, mais sont administrées indépendamment par le Ministère. En général, chacune d'elles appuie la recherche, les appareils qui s'y rattachent et le réseautage par le biais de processus concurrentiels. Bien que le chevauchement est possible entre ces sources de financement, les personnes interrogées ont souligné que l'IIQ a déjà recours à ces autres sources de financement et que, en l'absence de la subvention d'Industrie Canada, le financement n'aurait pas été suffisant pour couvrir tous les aspects ciblés de la proposition de son projet de 300 M$.

De plus, la subvention d'Industrie Canada et les autres sources financement du gouvernement fédéral (telles que le CRSNG, l'ICRA et la FCI) sont guidées par la Stratégie des S et T, et par conséquent, se donnent des justifications et des objectifs favorables. En matière de processus de mise en œuvre, la souplesse intégrée dans la conception de la subvention d'Industrie Canada [34] permet à l'IIQ de se livrer à la gestion du financement de façon à régler les conflits avec les autres sources de financement. À cet égard, les personnes interrogées ont fait savoir qu'il existe un niveau élevé de réflexion stratégique et de coordination concernant la manière dont les sources distinctes de financement cadrent ensemble.

3.2 Rendement

3.2.1 *Dans quelle mesure l'IIQ a-t-il atteint les résultats immédiats escomptés suivants?*

- L'amélioration des établissements et des appareils de recherche.
- L'attirance et la formation de PHQ par l'IIQ (chercheurs et étudiants de haut calibre).
- L'accroissement de la sensibilisation et des connaissances de l'information quantique et de l'IIQ.

[33] Conseil national de recherches, 2010. L'ASIT de l'évaluation des compétences quantiques.
[34] En vertu de l'entente de financement entre IC et l'IIQ, l'Institut a reçu un financement pluriannuel qui avait pour objet d'être dépensé dans un certain nombre de frais admissibles (p. ex., les coûts relatifs à la construction de l'établissement de recherche, l'achat de petits appareils, la sensibilisation). En dehors de ces conditions, l'IIQ a eu le pouvoir discrétionnaire de gérer les fonds afin d'appuyer leurs grands objectifs.

Principale constatation : dans l'ensemble, l'IIQ atteint la plupart de ses résultats immédiats : les chercheurs de l'IIQ ont accès à l'un des meilleurs établissements de recherche en informatique quantique au monde en ce qui a trait à l'information quantique et au matériel, et ce dernier attire et forme des chercheurs et des étudiants de haut calibre. Relativement à la vigilance et aux connaissances accrues, l'IIQ a suscité l'intérêt auprès de divers groupes.

Établissements et appareils de recherche améliorés

En septembre 2012, l'IIQ s'est étendu jusque dans sa nouvelle administration générale, le *Mike & Ophelia Lazaridis Quantum-Nano Centre* (QNC), une installation de 285 000 pieds carrés (pi^2). Au sein du QNC, l'Institut utilise un total de 51 832 pi^2 d'espace en laboratoire et partage l'installation de salle blanche et de fabrication de 6 700 pi^2 avec l'Institut de nanotechnologie de l'Université de Waterloo. Cette nouvelle installation comporte plus du double de la superficie en pi^2 par rapport à ses installations précédentes et est conçue dans le but de contrôler les vibrations, la variation de la température et le rayonnement électromagnétique. De même, l'installation renferme des espaces pouvant accueillir des congrès, des conférences publiques et des aires communes à l'intention des scientifiques à des fins de rencontres et de contribution.

La construction de cette dernière a été achevée en 2012-2013 et certains chercheurs cherchent encore à emménager dans le nouvel emplacement, ce qui limite la capacité de l'évaluation à jauger l'incidence qu'a l'installation sur l'IIQ. L'évaluation a été néanmoins en mesure d'évaluer les retombées initiales et de recueillir les opinions des chercheurs internes et externes de l'IIQ sur son potentiel, de même que des étudiants fréquentant l'Institut.

Les personnes interrogées, y compris les pairs scientifiques indépendants de l'IIQ, ont affirmé que les nouvelles installations sont « à la fine pointe de la technologie », « parmi les meilleures au monde » et ont « connu une évolution prodigieuse au cours des cinq dernières années ». Il a également été souligné que même si les différents types d'organismes pourraient avoir des appareils de recherche identiques ou semblables, les personnes interrogées disent ne pas être au courant d'un organisme unique avec la portée des appareils de recherche que les chercheurs de l'IIQ peuvent obtenir. Posséder la portée des appareils de recherche sur les lieux s'avère un aspect important en vue de réaliser des expériences puisqu'il permet aux chercheurs de contrôler l'ensemble du processus (y compris la fabrication de dispositifs de nature très délicate). Cet élément favorise ainsi la réduction des incohérences et contribue à l'amélioration de la qualité de la recherche. Par exemple, un chercheur a expliqué qu'il a dernièrement mis au point un nouvel instrument qui permet à son équipe de travailler avec les champs magnétiques accompagnés de supraconducteurs et dépourvus de toute contamination. Avec cet instrument, le chercheur et son équipe peuvent donc se mettre à l'œuvre avec plus de précision que leurs concurrents.

Les partenaires de l'industrie ont indiqué que les appareils de recherche dont disposent les chercheurs de l'IIQ sont incomparables et permettent aux chercheurs de collaborer avec l'industrie dans des domaines qui autrement seraient impossibles. Par exemple, selon les personnes interrogées, il ne serait pas rentable pour l'industrie de dresser un laboratoire semblable au laboratoire en optique de l'IIQ, et par conséquent, le tout est vu comme une

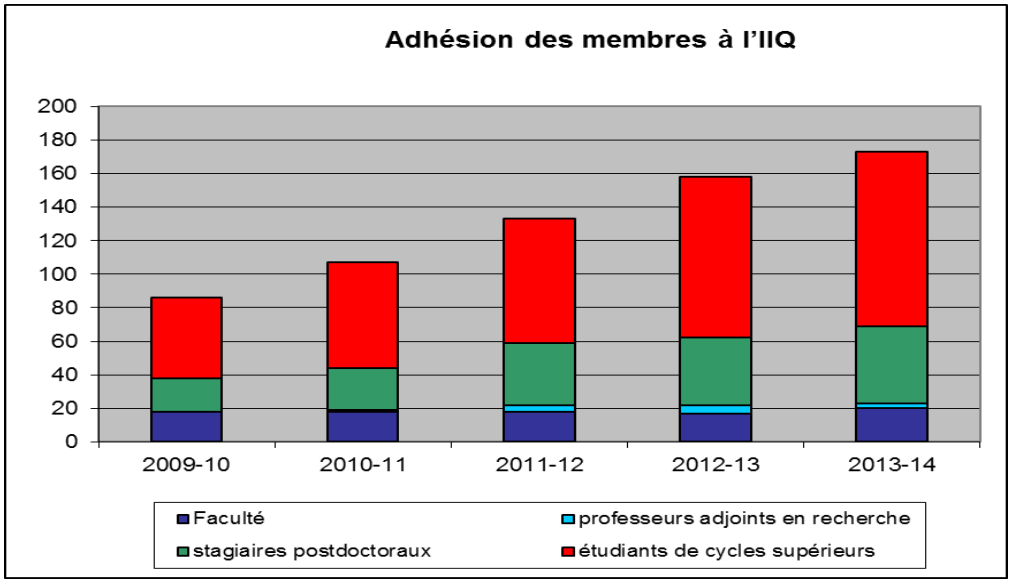
composante essentielle quant aux partenariats de l'IIQ sur le réseau des communications quantiques par un projet par satellite.

En outre, les personnes interrogées ont souligné que, en raison de ses installations et ses appareils de recherche, l'IIQ a été en mesure d'attirer des chercheurs et des étudiants de haut calibre, lesquels auraient été propices d'aller ailleurs. Comme exemple, les étudiants ont affirmé que l'IIQ se compare favorablement avec des laboratoires plus grands; mais là où l'IIQ s'affirme, est sur le plan de l'approche axée sur la collaboration qui favorise l'interaction et offre aux étudiants des possibilités de travailler dans les laboratoires avec les appareils de recherche.

L'IIQ attire et forme du PHQ (des chercheurs et des étudiants de haut calibre)

La capacité d'attirer et de former du PHQ (des chercheurs et des étudiants de haut calibre) est une importante mesure dans la réussite de toute université. Comme l'indique la figure 4, l'IIQ a connu, au cours des cinq dernières années, une croissance globale du nombre d'étudiants de cycles supérieurs, de boursiers postdoctoraux et de chercheurs.

Figure 4 : Adhésion des membres à l'IIQ



Source : Rapport annuel de l'IIQ à Industrie Canada (2013)

En ce qui a trait aux étudiants de cycles supérieurs, l'IIQ a lancé, en 2009-2010, un programme concerté sur les études supérieures qui comprend des cours offerts en matière de théorie et de traitement de l'information quantique, d'algorithme quantique, de systèmes ouverts liés à la science, de nanoélectronique, d'électronique quantique et de photonique. Au cours de sa première année, le programme a conditionné la présentation de 104 demandes et depuis, environ 120 demandes sont présentées chaque année (les personnes qui font une demande directement au programme d'études supérieures de l'information quantique). L'IIQ accepte environ 20 % des personnes qui présentent une demande; c.-à-d. de 20 à 25 nouveaux étudiants de cycles supérieurs admis tous les ans. À l'heure actuelle, l'on compte 103 étudiants, lesquels participent activement au programme. D'après les personnes interrogées, il s'agit de l'un des plus

importants programmes (en fonction du nombre d'étudiants et de la portée des cours offerts) d'études supérieures en sciences de l'information quantique au monde et il attire de manière continuelle des étudiants en provenance des meilleures universités internationales.
Par ailleurs, l'IIQ a créé un Programme de bourses postdoctorales croissant qui comporte actuellement 46 membres, soit plus du double qu'en 2009. Les postes liés au Programme sont très concurrentiels, comme l'a montré l'exemple de l'augmentation du nombre de demandes présentées au cours des dernières années. Il y a eu, annuellement, de 87 à 119 auteurs de demandes lors des cinq dernières années. L'IIQ admet de 5 à 18 nouveaux boursiers postdoctoraux tous les ans. Les entrevues menées avec ces derniers ont montré que la réputation que s'est bâtie l'IIQ, et la qualité des recherches qu'il effectue ont été les principaux facteurs ayant contribué à leur décision d'opter pour l'IIQ parmi tous les autres organismes.

En ce qui concerne les chercheurs, l'IIQ a maintenu en poste environ 20 membres de la Faculté, 3 professeurs adjoints en recherche et 14 membres associés et invités à long terme. L'objectif de l'Institut est de recruter un nombre total de 33 membres de la Faculté en insistant sur l'action d'attirer les bons chercheurs afin de compléter les domaines de recherche existants et d'améliorer l'ensemble du calibre de l'Institut. Les personnes interrogées, y compris les membres du Comité consultatif scientifique, corroborent la préférence d'établir leurs priorités quant à la qualité des nouvelles embauches plutôt que la quantité.

Depuis 2009, l'IIQ a été en mesure de recruter le professeur David Cory, l'un des principaux expérimentateurs quantiques et l'un des titulaires d'une chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique. L'organisme a aussi recruté, tout récemment, le Dr Amir Yacoby, de l'Université Harvard, à titre de membre invité de la Faculté. Même s'il s'agit de grandes réalisations, les personnes interrogées ont tout de même reconnu que le recrutement de chercheurs s'avère un travail extrêmement concurrentiel et les pairs scientifiques étaient d'avis que l'IIQ doit continuer de renforcer les capacités sur le plan de la recherche expérimentale afin de répondre aux besoins éventuels.

Accroissement de la sensibilisation et des connaissances de l'information quantique et de l'IIQ

L'IIQ a constitué une équipe de communication et de diffusion scientifique qui contribue au partage de ses recherches devant divers auditoires, y compris les autres établissements de recherche, le gouvernement, l'industrie et le grand public. L'IIQ orchestre des réunions annuelles, des ateliers, des conférences et utilise des médias sociaux (tels que *Facebook*, *Twitter* et *YouTube*) pour souligner la recherche entreprise à l'Institut. Les personnes interrogées ont indiqué que l'équipe de communication est très importante et que l'IIQ joue un rôle de premier plan dans le domaine des sciences de l'information quantique en ce qui concerne la sensibilisation et la diffusion des connaissances à la collectivité scientifique, aux étudiants, de même qu'au grand public.

L'IIQ a tenu 27 activités de liaison du public qui ont attiré environ 5 500 participants depuis 2009. Les activités comprennent des conférences spécialisées, des ateliers, des cours d'été pour la jeunesse étudiante, des journées portes ouvertes, des conférences publiques et des discussions en groupe. Au cours de cette même période, 675 personnes ont visité les installations de l'IIQ, y compris 580 universitaires (dont des invités en provenance de 108 établissements de recherche

dans le monde entier), 61 membres de l'industrie et 34 personnes du gouvernement. Il n'est pas chose facile pour l'évaluation de jauger l'incidence concernant l'amélioration de la sensibilisation générale et des connaissances de l'information quantique ainsi que de l'IIQ puisqu'aucun renseignement, au-delà des nombres d'activités et d'invités, n'est recueilli.

D'après le suivi des données effectué par les services analytiques et lié aux médias sociaux, l'occurrence des médias sociaux, au sein de l'IIQ, a augmenté au cours dernières années. Le tableau 3 ci-dessous présente l'augmentation cumulative de l'attention que ces derniers suscitent à l'IIQ depuis 2010.

Tableau 3 : Résumé de l'attention suscité par les médias sociaux de 2010 à 2013

Année	Mentions « jaime » sur Facebook	Abonnés sur Twitter	Abonnés sur YouTube	Visualisations sur YouTube jusqu'à présent
2010	197	195	6	103
2011	457	649	116	30977
2012	809	1 747	558	104 059
2013	1583	2 492	1 760	293 475

L'IIQ a largement attiré l'attention sur les sites de médias sociaux. Même si la nature des conversations en ligne et du contenu partagé peut varier grandement, le public emploie de plus en plus les médias sociaux comme méthode pour apprendre sur la science à partir des façons suivantes : suivre les opinions scientifiques; lire les mises à jour des conférences et des réunions; s'informer sur les activités à venir; regarder des vidéos scientifiques. Ainsi, les médias sociaux offrent aux scientifiques des moyens particulièrement efficaces visant à stimuler leur profil professionnel et leur permettant d'agir en tant que voix du public à l'égard de la science.

3.2.2 *Dans quelle mesure l'IIQ a-t-il atteint les résultats intermédiaires escomptés suivants?*

- Accroissement de l'intensité et de l'excellence.
- L'IIQ est reconnu comme un chef de file dans le domaine de l'information quantique.

Principale constatation : la recherche qui se déroule à l'IIQ est de plus en plus intensive et a fait un bond sur le plan de l'excellence comme indiqué par les réseaux de collaboration améliorés, par les taux de publications et de citations plus élevés, de même que sa réputation au sein de la collectivité scientifique. L'IIQ est en voie d'être reconnu comme un chef de file au regard de l'information quantique.

Accroissement de l'intensité et de l'excellence

Afin de déterminer le degré d'intensité de la recherche, les évaluateurs ont examiné les tendances dans le nombre de collaborations et de publications de recherche. Afin d'évaluer l'excellence en matière de recherche, les évaluateurs s'appuient sur le nombre de citations formulées par la recherche de l'IIQ, le classement des revues dans lesquelles les chercheurs de l'IIQ publient des articles, de même que les opinions recueillies grâce aux entrevues réalisées avec les pairs scientifiques, les incubateurs d'entreprises et les partenaires de l'industrie.

Collaboration en matière de recherche

La collaboration est souvent considérée comme une pratique pouvant améliorer la qualité, l'incidence et la portée de la recherche. La collaboration universitaire avec les stagiaires scientifiques postdoctoraux stimule la création du savoir, tandis que la collaboration avec les partenaires de l'industrie favorise la mise en application des connaissances[35]. Au sein de l'IIQ, les chercheurs de diverses disciplines se réunissent pour composer l'Institut. L'IIQ englobe six facultés, y compris : les mathématiques appliquées; la physique et l'astronomie; la chimie; la combinatoire et l'optimisation; l'informatique; le génie électrique et informatique. Les domaines de spécialisation étudiés par les théoriciens et les expérimentateurs de l'IIQ sont les suivants :

- le traitement de l'information quantique à spin;
- les algorithmes quantiques fondés sur la nanoélectronique;
- le traitement de l'information quantique;
- la complexité quantique;
- le traitement de l'information quantique optique;
- la correction d'erreurs quantiques;
- la tolérance aux anomalies;
- la cryptographie quantique.

La recherche à l'IIQ est renforcée par la coopération entre les chercheurs dans divers domaines provenant d'établissements de recherche distincts et les partenaires de l'industrie à l'échelle mondiale. Le nombre de contributions, y compris les projets de recherche et la copublication avec les chercheurs d'autres établissements de recherche, s'est accroît de 141 chercheurs de 61 instituts en 2009 à 221 chercheurs de 185 établissements de recherche en 2012-2013[36]. L'accroissement du nombre de contributions, avec les établissements de recherche à l'échelle planétaire, offre aux chercheurs de l'IIQ des possibilités de faire progresser la création du savoir par la constitution d'un capital social, l'amélioration de la créativité, l'introduction de compétences spécialisées et la mise des ressources en commun[37].

En matière de collaboration avec les partenaires de l'industrie, les études de cas ont révélé un nombre de partenariats dans le domaine de l'industrie relativement aux projets appliqués et expérimentaux. Par exemple, le réseau des communications quantiques par un projet par satellite collabore avec l'entreprise *COM DEV*, un concepteur et fabricant mondial en équipement spatial, dans le but de créer des réseaux mondiaux en communications quantiques en faisant parvenir du matériel en orbite par satellite. Même s'ils en sont encore aux étapes d'essais, les personnes interrogées ont énoncé qu'elles travaillent à l'atteinte de l'établissement d'un réseau en communications quantiques. Un chercheur de l'IIQ qui collabore avec *ID Quantique*[38], un partenaire de l'industrie, afin d'éprouver la sécurité des systèmes de cryptographie quantiques, constitue un autre exemple. L'entreprise est en mesure de maintenir un niveau de sécurité et le

[35] Lavie, D. et Drori, I. (2012). Organisation scientifique. *La création du savoir et l'application des connaissances grâce à la collaboration : le cas des programmes de recherche en nanotechnologie*. 23, 3, 704 à 724.
[36] Rapports annuels de l'IIQ de 2009 à 2013
[37] Lavie, D. et Drori, I. (2012). Organisation scientifique. *La création du savoir et l'application des connaissances grâce à la collaboration : le cas des programmes de recherche en nanotechnologie*. 23, 3, 704 à 724.
[38] *ID Quantique* (http://www.idquantique.com/) est une entreprise dérivée de l'Université de Genève. Elle collabore sur la mise en application de la technologie et de la cryptographie quantiques.

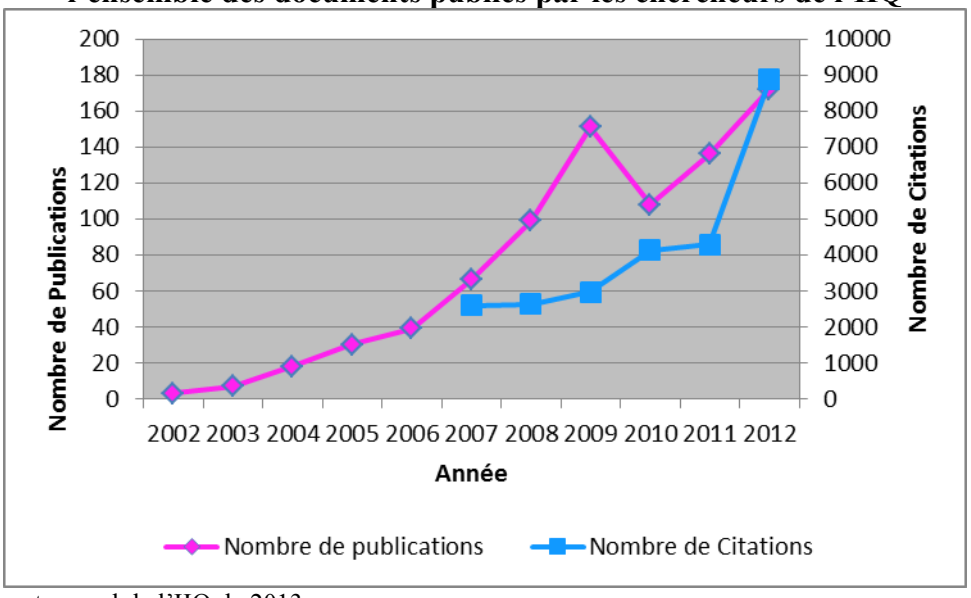
rendement de ses systèmes par la collaboration avec le chercheur de l'IIQ, lequel met à l'épreuve les systèmes de sécurité. Dans le cas de ces deux exemples, les relations avec l'industrie se sont entretenues à la portée du chercheur de manière que les partenaires travaillent directement avec les chercheurs de l'IIQ et que des relations se sont tissées par l'intermédiaire des occasions de réseautage.

Les partenaires de l'industrie ont affirmé que les chercheurs de l'IIQ offrent une expertise et des connaissances théoriques, de même qu'un accès aux installations et aux appareils de classe mondiale en vue d'aborder quelques-uns des problèmes pratiques soulevés par l'industrie. D'autres personnes interrogées ont souligné que les partenariats avec l'industrie sont « la nouvelle perspective » et que les technologies quantiques s'approchent de plus en plus de l'étape où le secteur privé s'intéresse davantage.

Chercheurs de l'IIQ : publications et citations

Les publications comptent parmi les nombreux indicateurs des résultats de recherches menées que les organismes emploient, ce qui conçoit ou appuie la création de nouvelles connaissances. De plus, l'inventaire de citations est utilisé pour évaluer l'importance d'une publication en déterminant le nombre de fois qu'elle a été mentionnée par d'autres chercheurs. Même si une analyse bibliométrique officielle dépassait la portée de la présente évaluation, les évaluateurs ont néanmoins passé en revue les taux des publications et des citations de l'IIQ, comme il est indiqué dans les rapports annuels à Industrie Canada. Ces rapports ont été approuvés par le conseil d'administration de l'Université de Waterloo. Depuis la création de l'IIQ en 2002, il y a eu une augmentation globale du nombre de publications et de citations, comme le montre la Figure 5[39] ci-dessous.

Figure 5 : Nombre de publications annuel de l'IIQ et nombre de citations annuel de l'ensemble des documents publiés par les chercheurs de l'IIQ



Source : Rapport annuel de l'IIQ de 2013

[39] Il faut préciser que même si la figure dénote que les taux annuels des publications et des citations augmentent, l'augmentation relative aux taux des citations comprend l'ensemble des publications à l'intention des chercheurs de l'IIQ (lequel renferme les œuvres publiées avant de joindre l'IIQ).

Dépassant largement l'inventaire des publications et des citations, le classement des revues est d'usage courant dans les milieux universitaires afin d'évaluer l'incidence et la qualité des revues spécialisées. Les chercheurs de l'IIQ publient régulièrement des articles dans les revues de classe mondiale. Entre 2009 et 2012, 113 (ou 20 %) des publications de l'IIQ étaient publiées dans les revues suivantes (signalées par l'IIQ comme étant influentes) :

- *Nature*;
- *Nature Photonics*;
- *Nature Physics*;
- *Nature Communications*;
- *Physical Review Letters*;
- *Science*;
- *Symposium on Theory of Computing proceedings*;
- *Foundations of Computer Science proceedings*;
- *Journal of Mathematical Physics*.

En outre, les personnes interrogées, indépendantes de l'IIQ, ont précisé que la recherche à l'IIQ « laisse une immense empreinte, non seulement en matière de fort volume, mais également au regard de la qualité ». De plus, les personnes interrogées indépendantes ont mentionné que l'IIQ « dirige le programme » dans de nombreux domaines en science quantique. Le tout est corroboré par l'ASIT de l'évaluation des compétences quantiques de 2010, laquelle a conclu que l'IIQ était classé au cinquième rang, à l'échelle internationale, en ce qui a trait aux capacités quantiques[40].

L'IIQ est reconnu comme un chef de file dans le domaine de l'information quantique

Les constatations précédentes ont spécifié les points suivants : les chercheurs de l'IIQ ont accès à l'un des meilleurs établissements de recherche au monde; l'IIQ attire et forme des chercheurs et des étudiants de haut calibre; la recherche à l'IIQ a connu un accroissement sur les plans de l'intensité et de l'excellence; les pairs scientifiques ont affirmé que l'IIQ est l'un des établissements les plus respectés dans ce domaine de recherche. Fondée sur ces constatations, l'évaluation permet de conclure qu'à cette étape du développement, l'IIQ est en voie d'être reconnu comme un chef de file dans le domaine de l'information quantique. Alors que la recherche mène au spectre de l'innovation, il est de plus en plus important d'évaluer la façon dont l'IIQ a une incidence sur l'industrie.

3.2.3 *Dans quelle mesure le programme constitue-t-il une preuve d'efficience et d'économie?*

Principale constatation : La structure de prestation actuelle de l'IIQ a fait preuve à la fois d'efficience et d'économie puisqu'elle met à profit d'autres ressources, réduit les coûts par transaction et utilise les processus de gestion existants de l'Université de Waterloo.

L'efficience et l'économie liées à l'exécution du programme de la subvention d'Industrie Canada accordée à l'IIQ ont été considérées parmi les domaines suivants : l'efficience et l'économie de

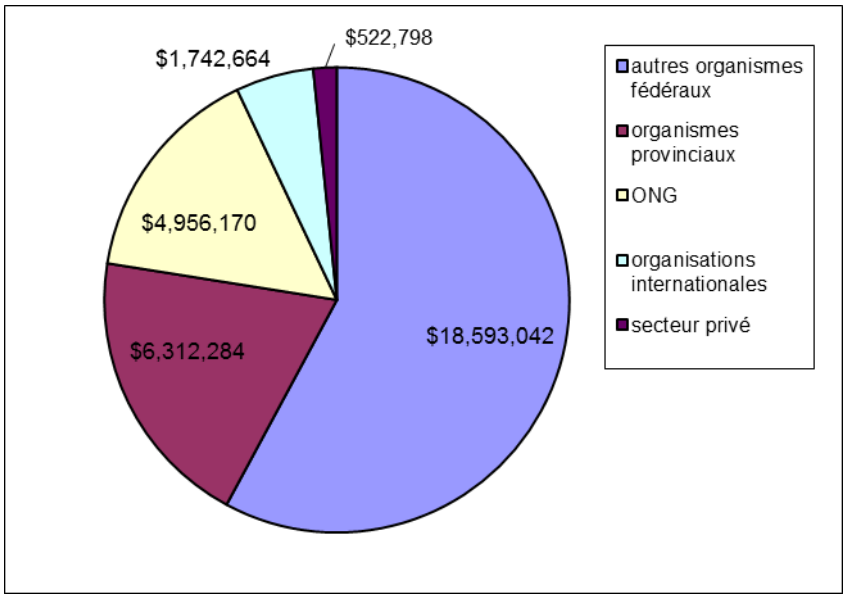
[40] Conseil national de recherches de 2010, ASIT de l'évaluation des compétences quantiques.

portée générale en corrélation avec l'utilisation d'un modèle de prestation par les tiers et les preuves qu'il existe des mécanismes en place visant à faciliter l'utilisation des fonds de façon efficiente et économique.

L'efficience et l'économie relatives au modèle de prestation par les tiers

La capacité d'obtenir des fonds supplémentaires se révèle comme étant un principe en guise d'avantage financier permettant de réaliser des recherches par le biais d'un institut indépendant. Comme il a été indiqué plus haut, la subvention de 50 M$ d'Industrie Canada a été versée en vue d'appuyer un projet de plus grande envergure totalisant 300 M$, lequel illustre un rapport de levier financier de 1:5. En outre, comme le montre la figure 6, l'IIQ a indiqué que ses chercheurs ont contribué à obtenir des fonds supplémentaires évalués à 32,1 M$ en subventions, dons, cadeaux et prix entre 2009-2010 et 2012-2013, pour appuyer la recherche entreprise à l'Instiut. Cela présente la capacité manifeste de l'IIQ à obtenir du soutien élargi et à demeurer pertinent pour un vaste éventail d'intervenants.

Figure 6 : Ventilation des subventions, des dons, des prix et des cadeaux obtenus par l'IIQ entre 2009-2010 et 2012-2013



Source : Rapports annuels de l'IIQ à Industrie Canada de 2011-2012 et 2012-2013

Outre la capacité à tirer parti du financement, un modèle de prestation par les tiers contient un grand nombre d'avantages dont personne n'aurait pu profiter si l'IIQ était un laboratoire gouvernemental. Ces derniers comprennent la capacité accrue de l'IIQ à attirer des représentants hautement qualifiés, y compris ceux de l'industrie, afin de prendre part à la structure de régie de l'Institut, d'être mieux à même de prendre des risques et de s'associer avec l'industrie. À titre d'Institut au sein de l'Université de Waterloo, l'IIQ est plus à même d'offrir des cours avancés et de la formation aux étudiants.

D'après l'analyse documentaire, les inconvénients, en matière de principe, du présent modèle de prestation sont les coûts de transactions supplémentaires engagés par les organismes indépendants et par Industrie Canada. Dans le cas de l'IIQ, il ne semble pas y avoir d'importants

coûts de transactions découlant de la structure de prestation. Industrie Canada s'est vu affecter un ETP pour assurer la gestion de l'exécution de la subvention. Cela comprend l'ébauche des documents des fondations, l'élaboration et la surveillance de la mise en œuvre de l'entente de financement et la liaison avec l'IIQ. Même si ces activités sont qualifiées de coûts de transactions, les personnes interrogées ont signalé que plusieurs mesures efficaces (telles que le développement des connaissances approfondies sur la politique scientifique et l'expertise relative à la gestion des ententes de financement) résultent du fait d'avoir un seul programme qui s'occupe de la gestion de l'ensemble des subventions et des contributions du Ministère versé aux organismes scientifiques indépendants.

Le Bureau de la recherche a la responsabilité de veiller à la gestion du financement à l'Université de Waterloo. L'IIQ est chargé d'élaborer des budgets annuels à des fins d'accès au financement et de liaison avecIndustrie Canada. Il fournit, au ministre, un rapport annuel sur les activités et les résultats de l'année précédente, de même que les activités et les résultats prévus pour l'année suivante. Il importe de noter que les budgets annuels ne se limitent pas à la subvention d'Industrie Canada. Ils sont élaborés pour l'IIQ dans l'ensemble, et par conséquent, ne sont pas considérés comme des coûts de transactions supplémentaires (c.-à-d., les budgets seraient élaborés avec ou sans le financement d'Industrie Canada). De même, l'IIQ a délibérément produit le rapport annuel à Industrie Canada afin d'appuyer les activités de sensibilisation, lesquelles s'avèrent une priorité clé à l'égard de l'Institut, dans le but d'optimiser les avantages de ces exigences.

Analyse de la structure de régie

En 2006, le CRSNG a commandé un examen de l'IIQ qui était mené par un comité d'experts indépendants. La conclusion de cet examen fut que la structure de régie de l'Institut est adéquate afin de veiller à ce que des recommandations pertinentes soient formulées à l'équipe de gestion de l'IIQ notant, plus précisément, l'engagement des cadres supérieurs de l'Université de Waterloo, l'impressionnante liste du Conseil d'administration et les éminents scientifiques de l'étranger du Comité consultatif scientifique[41].

Le Conseil d'administration continue de se composer de chefs de file reconnus à l'échelle internationale provenant du milieu universitaire, des entreprises et du gouvernement, lesquels paraissent fournir efficacement à l'Institut une orientation stratégique générale, y compris la sensibilisation et s'assurer que l'IIQ préserve une orientation axée sur la commercialisation. Le Comité consultatif scientifique comprend des chercheurs reconnus mondialement qui possèdent toute l'expertise liée aux sciences en information quantique et ce dernier est responsable de donner des conseils sur l'orientation de la recherche, le recrutement et les évaluations relatives au rendement de la Faculté.

En ce qui concerne l'administration, l'IIQ emploie, au besoin, les fonctions administratives de l'Université visant à réduire le double emploi. L'IIQ est surveillé par un comité exécutif composé des cadres supérieurs de l'Université de Waterloo, lequel est tenu responsable d'examiner l'orientation universitaire, les budgets annuels et les principales immobilisations. Ce comité est présidé par le vice-président de la Recherche et comprend le doyen des facultés des

[41] CRSNG, le 27 septembre 2006. Examen de l'Institut de l'informatique quantique.

mathématiques, des sciences et du génie. Auparavant, le doyen des sciences était responsable de la gestion financière de la subvention. Toutefois, étant donné la nature concertée de l'IIQ, il a été dernièrement convenu de consolider ces fonctions sous le comité exécutif dans le but d'éviter les doubles emplois entre les facultés.

La présente structure veille à ce que l'IIQ soit assujetti au même degré d'examen et de contrôles internes en tant que faculté du Ministère, y compris les grandes immobilisations telles que l'achat d'appareils de recherche. Par exemple, en raison de la structure de régie, l'IIQ a la responsabilité de s'assurer que la gestion de la subvention accordée par Industrie Canada respecte la norme du Protocole d'entente inter-conseils[42], est assujettie au même processus d'examen du budget et est prise en considération dans la portée de la vérification annuelle de l'Université.

[42] Entente sur l'administration des subventions et des bourses des organismes par les établissements de recherche. http://www.science.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=56B87BE5-1

4.0 CONCLUSIONS

4.1 Pertinence

- Il existe un besoin continu d'accroître la recherche et d'améliorer la capacité d'innovation au Canada comme moyen de faire en sorte que la société canadienne puisse tirer profit des avantages sur les plans tant social qu'économique. L'IIQ répond à ce besoin grâce à une approche multidisciplinaire axée sur le cycle d'innovation et qui accorde de l'importance à l'information quantique et à la recherche en informatique quantique; il s'agit d'un domaine technologique avec des avantages éventuels élargis. L'IIQ est l'organisme le mieux placé, au sein du Canada et sur le plan international, pour contribuer au développement des sciences quantiques et aux technologies connexes auxquelles il se rattache.

- L'appui que reçoit l'IIQ cadre avec les priorités du gouvernement fédéral liées aux S et T comme le prévoit la *Stratégie des S et T* de 2007 et les budgets fédéraux ultérieurs. Les objectifs et les activités de l'IIQ sont également harmonisés avec les résultats stratégiques d'Industrie Canada : les progrès réalisés dans les domaines des sciences et de la technologie, des connaissances et de l'innovation renforcent l'économie canadienne.

- Le soutien à l'égard de l'IIQ cadre avec les rôles et les responsabilités du gouvernement dans le but d'encourager le développement des sciences et de la technologie et s'harmonise avec le mandat d'Industrie Canada. En outre, le soutien offert à l'IIQ par l'intermédiaire d'Industrie Canada semble être logique et complémentaire aux autres initiatives de financement.

4.2 Rendement

- Dans l'ensemble, l'IIQ atteint la plupart de ses résultats immédiats : les chercheurs de l'IIQ ont accès à l'un des meilleurs établissements de recherche au monde en ce qui a trait à l'information quantique et au matériel, et ce dernier attire et forme des chercheurs et des étudiants de haut calibre. Relativement à la vigilance et aux connaissances accrues, l'IIQ a suscité l'intérêt auprès de divers groupes.

- La recherche qui se déroule à l'IIQ est de plus en plus intensive et a fait un bond sur le plan de l'excellence comme indiqué par les réseaux de collaboration améliorés, par les taux de publications et de citations plus élevés, de même que sa réputation au sein de la collectivité scientifique. L'IIQ est en voie d'être reconnu comme un chef de file au regard de l'information quantique.

- La structure de prestation actuelle de l'IIQ a fait preuve à la fois d'efficience et d'économie puisqu'elle met à profit d'autres ressources, réduit les coûts par transaction et utilise le processus de gestion existant de l'Université de Waterloo.

Dans l'ensemble, l'évaluation n'a cerné aucun enjeu important lié à la subvention accordée à l'IIQ et, par conséquent, ne formule aucune recommandation.