



Évaluation du Programme de contribution à l'Agence spatiale européenne par l'Agence spatiale canadienne

Pour la période d'avril 2018 à mars 2023

Préparé par la Direction Audit et Évaluation

Novembre 2023



Évaluation du Programme de contribution à l'Agence spatiale européenne par l'Agence spatiale canadienne

Projet n° 22/23 – 02-01

Novembre 2023

Préparé par la Direction Audit et Évaluation de l'Agence spatiale canadienne

Also available in English under the title *Evaluation of the European Space Agency Contribution Program of the Canadian Space Agency*

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Innovation, des Sciences et de l'Industrie, 2023.

N° de cat. : ST99-85/2024E-PDF (PDF électronique, anglais)

ISBN : 978-0-660-68928-9

N° de cat. : ST99-85/2024F-PDF (PDF électronique, français)

ISBN : 978-0-660-68929-6

<https://www.asc-csa.gc.ca/fra/avis.asp>

Toutes les images et photographies du présent rapport, le cas échéant, proviennent du site Web de l'Agence spatiale canadienne et sont protégées par le droit d'auteur.

© Agence spatiale canadienne

Remerciements

Cette évaluation a été rendue possible grâce à la contribution et à la collaboration de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé aux entrevues et à la collecte de données, qui ont fourni des renseignements ou qui ont répondu aux demandes de renseignements.



Table des matières

Sommaire exécutif.....	i
1. Introduction	1
Objectif et portée de l'évaluation	1
Aperçu de la méthodologie	1
2. Description du programme	2
Les objectifs du PC-ESA	2
Le fonctionnement du PC-ESA.....	2
Vue d'ensemble.....	2
Programmes obligatoires et facultatifs.....	3
Structure de gouvernance	4
Gestion des programmes et des activités.....	5
Participation du secteur spatial canadien.....	5
Structure de gestion du PC-ESA	6
Rôle de l'ASC.....	6
Rôle d'Affaires mondiales Canada	7
Ressources du programme.....	7
3. Résultats de l'évaluation.....	9
Pertinence	9
L'importance stratégique du marché de l'ESA.....	9
Facteurs qui influencent la pertinence du PC-ESA.....	13
Efficacité.....	16
Participation des organisations spatiales canadiennes à l'ESA	16
Retour industriel réalisé par le Canada.....	21
Efficience	23
Gestion du PC-ESA	23
Retour sur l'investissement global.....	27
4. Conclusion	30
Réponse de la gestion et plan d'action	32
RÉFÉRENCES	34
ANNEXES	38
Annexe A – Méthodologie.....	38
Annexe B – Modèle logique du PC-ESA	41
Annexe C – Études de cas.....	42

Liste des tableaux et des figures

Tableau 1. Résumé des ressources réelles investies dans le PC-ESA.....	8
Figure 1. Allocation budgétaire de l'ESA aux programmes facultatifs pour 2023.....	4
Figure 2. Paiements de l'ASC liés aux programmes facultatifs de l'ESA, de 2018-2019 à 2022-2023	8
Figure 3. Répartition des revenus de l'industrie spatiale canadienne en 2021 par secteur d'activités, à l'exclusion du secteur des communications par satellite.....	10
Figure 4. Ressources investies dans le PC-ESA entre 2002-2003 et 2021-2022	14
Figure 5. Contribution du Canada au budget de l'ESA, en millions d'euros et en pourcentage des contributions totales des États membres	14
Figure 6. Valeur des contrats attribués aux organisations spatiales canadiennes par domaine d'activités au cours de la période de 2018-2019 à 2021-2022	17
Figure 7. Valeur des contrats associés aux missions et aux activités de l'ESA, par type d'organisation	18
Figure 8. Coefficient de retour global atteint par le Canada au cours de la période de janvier 2015 à mars 2023	22
Figure 9. Coefficients de retour atteints par le Canada au cours de la période de janvier 2015 à mars 2023, par domaine d'activité.....	23
Figure 10. Répartition des investissements dans le PC-ESA de 2012-2013 à 2021-2022, entre le budget général et les programmes facultatifs	29

Acronymes utilisés dans le rapport

ACS Plus	Analyse comparative entre les sexes plus
AMC	Affaires mondiales Canada
ASC	Agence spatiale canadienne
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
EFI	Instrument de mesure des champs électriques
ESA	Agence spatiale européenne
ETP	Équivalent temps plein
F&E	Fonctionnement et entretien
GNSS	Système mondial de navigation par satellite
IIIT	Institut interdisciplinaire d'innovation technologique
NAVISP	Programme d'innovation et de soutien dans le domaine de la navigation
NMT	Niveau de maturité technologique
PC-ESA	Programme de contribution à l'Agence spatiale européenne
PDCS	Programme de développement des capacités spatiales
PHQ	Personnel hautement qualifié
PME	Petites et moyennes entreprises
PNS	Positionnement, navigation et synchronisation

Sommaire exécutif

Ce rapport présente les constats de l'évaluation du Programme de contribution à l'Agence spatiale européenne (PC-ESA) par l'Agence spatiale canadienne (ASC). L'évaluation a été effectuée par la Direction Audit et Évaluation de l'ASC, avec le soutien de PRA Inc. Elle est incluse dans le plan d'évaluation quinquennal de l'ASC et a été réalisée conformément à la *Politique sur les résultats* du Conseil du Trésor du Canada.

Le PC-ESA a été créé dans le cadre d'un accord de coopération entre le Canada et l'Agence spatiale européenne (ESA). Cet accord a été signé pour la première fois en 1979 et a constamment été renouvelé depuis, la plus récente signature datant de 2019. Il permet au Canada de participer à l'élaboration et à la mise en œuvre du programme spatial européen, y compris la possibilité pour le secteur spatial canadien de participer directement aux missions et aux activités menées par l'ESA.

Pertinence

Le PC-ESA répond aux besoins du secteur spatial canadien, puisqu'il lui ouvre l'accès à des activités et à des possibilités d'approvisionnement qui lui seraient autrement inaccessibles. Étant l'une des plus grandes agences spatiales au monde, l'ESA entreprend un vaste éventail de missions et d'activités spatiales, auxquelles le secteur spatial canadien est bien placé pour participer. Depuis que l'ESA fonctionne avec le principe selon lequel tous les contrats liés à ces missions et à ces activités devraient être, dans la mesure du possible, attribués à des industries situées dans les pays membres de l'Agence, le PC-ESA a permis au secteur spatial canadien d'accéder à un important marché qui, à son tour, ouvre souvent la porte à des opportunités de collaboration internationale additionnelles.

Le PC-ESA est également aligné sur l'objectif de l'ASC qui consiste à aider le secteur spatial canadien à développer et à faire progresser ses technologies. Grâce aux travaux réalisés à titre d'entrepreneurs principaux ou de sous-traitants, le secteur spatial canadien bénéficie de possibilités de recherche et développement uniques, qui sont complémentaires aux autres activités menées par l'ASC dans le cadre de son Programme de développement des capacités spatiales (PDCS).

Enfin, la participation du Canada à la structure de gouvernance de l'ESA offre une connaissance et des informations stratégiques sur les priorités et les besoins émergents du secteur spatial européen, qui peuvent contribuer à orienter le processus décisionnel de l'ASC, en plus de maintenir un partenariat de longue date entre l'ASC et l'ESA qui a créé des opportunités au-delà du PC-ESA.

Toutefois, l'évaluation constate que certains facteurs ont eu une incidence sur la pertinence du PC-ESA. Le degré d'investissement du Canada dans l'ESA est demeuré relativement stable au cours des 20 dernières années, tandis que les coûts des missions spatiales ont considérablement augmenté. Cette tendance a limité la capacité du secteur spatial canadien à participer à des projets plus avancés à l'appui des missions et des activités de l'ESA. Les paramètres budgétaires ont également limité la capacité du Canada à profiter pleinement de l'éventail de programmes facultatifs mis à la disposition des États membres de l'ESA. Même si le Canada a investi dans des programmes facultatifs qui reflètent les forces traditionnelles du secteur

spatial canadien, accroître la portée de ces investissements permettrait d'élargir l'éventail d'industries canadiennes qui participent au marché spatial européen.

Au-delà des importantes considérations liées au financement énoncées ci-dessus, il importe de noter que les 20 dernières années ont été marquées par de nombreux autres changements pour le PC-ESA. L'ESA a connu une croissance constante, non seulement de son budget, mais aussi de ses membres, de ses relations de collaboration avec d'autres entités comme l'Union européenne, et de la portée de ses activités. Durant la même période, l'ASC est devenue une agence dotée d'une capacité complète d'œuvrer dans toutes les sphères d'activités spatiales. En termes de pertinence, cela place le PC-ESA à la croisée des chemins. Le programme spatial canadien a évolué depuis la conclusion de l'accord Canada-ESA et il aurait donc avantage à revoir les orientations stratégiques, les objectifs et le positionnement global du PC-ESA.

Efficacité

Au cours de la période visée par l'évaluation, le PC-ESA a permis au secteur spatial canadien de participer à des missions et à des activités menées par l'ESA. Au total, 125 contrats ont été signés avec le secteur spatial canadien durant les quatre premières années de la période d'évaluation, pour une valeur totale approximative de 59 millions d'euros. Ces contrats sont associés à des domaines stratégiques clés comme l'observation de la Terre, les télécommunications, l'exploration spatiale, la navigation et le développement technologique de pointe. 44 entreprises canadiennes, 13 universités, 3 organismes de recherche (dont le Conseil national de recherches du Canada) et 1 ministère fédéral (Environnement et Changement climatique Canada) ont été impliqués dans ces activités.

Les membres participants du secteur spatial canadien ont eu l'occasion de développer davantage leurs technologies et d'établir des partenariats stratégiques qui ont créé des opportunités au-delà de l'ESA. Ils ont également profité de certaines activités de base de l'ESA, comme le *Global Space Markets Challenge*. Quant aux chercheurs et aux scientifiques, leur participation leur a donné accès à des ensembles de données spatiales, dont certains ne sont pas disponibles autrement, en plus de collaborations facilitées sur des projets de recherche, auxquels ont également participé des étudiants, des boursiers postdoctoraux et des chercheurs émergents.

L'ASC a bénéficié du PC-ESA grâce à son implication dans le processus de prise de décision, qui lui permet d'obtenir des renseignements sur les priorités et les besoins émergents de la communauté spatiale européenne, soutenant ainsi la planification stratégique de l'ASC.

Efficiences

Le PC-ESA est un programme mature qui remonte à plus de 40 ans et il est géré de manière efficiente. Les représentants du secteur spatial canadien apprécient grandement le soutien continu offert par l'ASC dans le cadre de leur participation aux missions et activités de l'ESA. Le délégué permanent du Canada à Paris, le responsable national de l'ESA pour le Canada et tous les membres de l'ASC qui contribuent aux organes décisionnels de l'ESA veillent à ce que le Canada participe aux processus de planification et de mise en

œuvre des priorités de l'ESA, maximisant ainsi les avantages associés aux missions et aux activités de l'ESA pour le Canada.

Les coûts internes engagés par l'ASC pour gérer le PC-ESA sont restreints, ne représentant qu'entre 1 % et 2 % de l'investissement total dans le programme. De plus, le Canada a toujours obtenu un coefficient de retour géographique élevé (proche de l'idéal de 1,00), ce qui lui permet d'obtenir sa juste part de la portion des programmes facultatifs et des activités obligatoires que l'ESA donne en sous-traitance. La proportion des dépenses de l'ASC attribuée aux frais généraux de l'ESA ne peut pas être mesurée avec précision. Des estimations brutes indiquent que cela pourrait représenter un montant significatif.

Afin de soutenir davantage l'efficacité du PC-ESA, le Canada devrait continuer d'axer sa participation sur les programmes facultatifs, puisque ceux-ci offrent la plus grande valeur stratégique au secteur spatial canadien. De plus, le Canada devrait profiter pleinement des possibilités offertes par les activités obligatoires financées dans le cadre du budget général de l'ESA.

Enfin, l'efficacité du PC-ESA pourrait être améliorée en augmentant le degré de sensibilisation du secteur spatial canadien aux possibilités offertes par l'ESA, ainsi qu'en débutant plus tôt le processus de préparation des réunions du Conseil ministériel de l'ESA.

1. Introduction

Objectif et portée de l'évaluation

Le présent document constitue le rapport d'évaluation du Programme de contribution à l'Agence spatiale européenne (PC-ESA) par l'Agence spatiale canadienne (ASC). Cette évaluation fait partie du plan d'évaluation quinquennal de l'ASC et elle couvre les années fiscales 2018-2019 à 2022-2023. Elle a été menée conformément à la *Politique sur les résultats* du Conseil du Trésor du Canada.

La dernière évaluation du PC-ESA remonte à 2018 (ASC, 2018). Cette évaluation avait statué qu'il existait de forts arguments pour maintenir la participation du Canada dans le programme. Entre autres, elle a souligné que l'industrie spatiale canadienne réussissait bien à accéder aux marchés étrangers et à participer aux missions et autres activités menées par l'Agence spatiale européenne (ESA), et que les chercheurs et scientifiques canadiens bénéficiaient de l'éventail de possibilités offertes dans le contexte de l'ESA. De plus, l'évaluation a constaté que le PC-ESA permettait au Canada d'obtenir des renseignements pertinents sur la vision et les priorités liées aux activités spatiales en Europe, lui permettant ainsi d'être bien placé pour participer à des missions et à des activités d'envergure qui ne seraient pas accessibles autrement. Enfin, l'évaluation a indiqué que le programme était géré de manière efficiente et que le Canada recevait sa juste part en retour de son investissement.

Sur la base de ces constats antérieurs, la présente évaluation vise à évaluer la pertinence actuelle du PC-ESA, son efficacité à atteindre les résultats escomptés ainsi que l'efficience globale de sa gestion.

Aperçu de la méthodologie

Les constats décrits dans le présent rapport s'appuient sur une revue documentaire et des données pertinentes (provenant principalement de l'ASC et de l'ESA), une série de 43 entrevues avec des représentants de l'ASC, de l'ESA, de l'industrie spatiale et d'universités, et cinq études de cas illustrant la gamme de projets financés dans le cadre du PC-ESA (voir les détails à l'annexe A). Dans l'ensemble, le processus de collecte des données s'est déroulé comme prévu et tous les thèmes clés identifiés pour cette évaluation ont été abordés. Toutefois, la nature et la portée des données fournies selon l'accord de contribution entre l'ESA et le Canada a limité la capacité de l'évaluation à évaluer l'efficience du programme. Cette question est abordée plus en détail dans la section du rapport portant sur l'efficience.

2. Description du programme

Cette section présente une vue d'ensemble du PC-ESA. Elle met l'accent sur les objectifs et la structure de ce programme unique, et donne un aperçu de la gamme d'activités entreprises et des ressources investies¹.

Les objectifs du PC-ESA

Comme défini dans les modalités du programme, le PC-ESA poursuit les objectifs suivants :

- Favoriser l'innovation et la compétitivité en exposant les entreprises du secteur spatial canadien aux activités et aux programmes de l'ESA consacrés au développement d'applications, de technologies et d'équipements spatiaux;
- Maintenir ou accroître la capacité du secteur spatial canadien à contribuer avec succès aux initiatives spatiales nationales en donnant un accès aux occasions de vols de l'ESA, de manière à démontrer et à qualifier les technologies et les équipements spatiaux;
- Faciliter l'accès aux marchés spatiaux publics européens ainsi qu'aux marchés spatiaux publics et privés internationaux, le cas échéant;
- Acquérir et maintenir une sensibilisation en ce qui a trait aux orientations des politiques spatiales européennes ainsi que des environnements spatiaux technologique, scientifique, programmatique et commercial de l'Europe, afin d'alimenter le processus de planification stratégique de l'ASC.

Le fonctionnement du PC-ESA

Vue d'ensemble

Le fondement du PC-ESA repose sur le fait que, contrairement à d'autres agences spatiales, l'ESA compte 31 États membres, coopérants et associés² qui participent à ses missions et activités (ESA, 2023i). Par l'entremise de plusieurs organes décisionnels composés de ces États membres ainsi que par des consultations auprès d'intervenants clés, dont l'Union européenne et d'autres agences spatiales, l'ESA établit ses priorités et utilise une série de programmes pour soutenir leur mise en œuvre. Pour s'assurer que les États membres obtiennent un retour sur investissement équitable dans l'ESA, l'Agence fonctionne avec le principe selon lequel tout travail contractuel lié à ses missions et activités doit, dans la mesure du possible, être attribué à des industries situées dans ses États membres, en proportion de l'investissement fourni par chaque État membre (ASC, 2018, p. 1; ESA, 2023d). Cela signifie que chaque dollar investi dans l'ESA vise à générer un rendement net pour l'industrie et le milieu universitaire des pays participants.

¹ Pour une description plus détaillée du PC-ESA et du contexte général dans lequel il fonctionne, veuillez consulter la section 2 de l'évaluation de 2018 du programme (ASC, 2018).

² Sauf indication contraire, une référence aux États membres concerne tous les États membres, coopérants et associés.

L'approche de l'ESA, qui est l'une des plus grandes agences spatiales au monde, crée un environnement unique dans lequel celle-ci offre des possibilités à ses membres dans le cadre de ses missions et activités, tout en détenant l'un des marchés spatiaux les plus protégés pour ceux qui n'en font pas partie. Les industries qui ne sont pas situées dans l'un des États membres de l'ESA sont exclues de la réalisation de la majorité des travaux entrepris par celle-ci pour soutenir ses missions et ses activités.

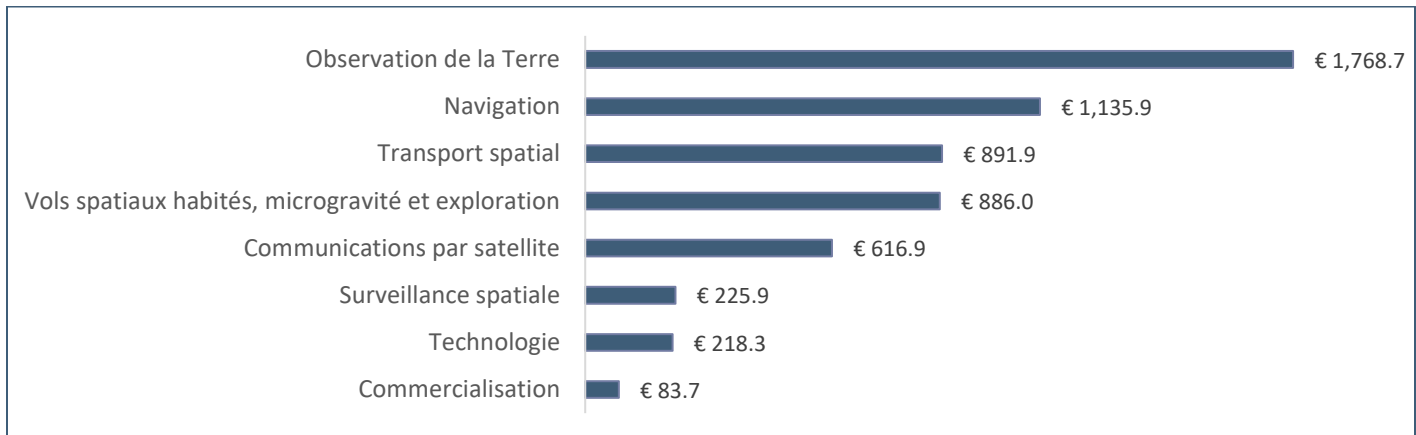
Programmes obligatoires et facultatifs

Les États membres de l'ESA participent à la fois à des activités obligatoires et à des programmes facultatifs :

- Activités obligatoires : Les activités relevant du budget général et du programme des sciences spatiales de l'ESA sont obligatoires, et tous les États membres doivent contribuer au financement de ces activités en fonction de leur produit intérieur brut. Le budget général sert à financer des études sur de futurs projets et missions, des investissements techniques partagés, des systèmes d'information et des programmes de formation, c'est-à-dire les éléments de base pour le fonctionnement général de l'ESA en tant qu'organisation. Il comprend également le volet Développement technologique, qui soutient les premières étapes du développement de technologies spatiales prometteuses (ESA, 2023b). Conformément à l'accord de coopération qu'il a signé avec l'ESA, le Canada participe aux activités obligatoires couvertes par le budget général, mais pas au volet Développement technologique, et sa contribution au financement d'activités obligatoires a été ajustée pour tenir compte de ce cadre particulier³.
- Programmes facultatifs : Les programmes facultatifs constituent les moyens essentiels par lesquels l'ESA poursuit sa vision et ses priorités liées à l'espace. Comme l'illustre la figure 1, les programmes facultatifs couvrent l'ensemble des principaux domaines stratégiques normalement associés aux activités spatiales, comme l'observation de la Terre, l'exploration spatiale, les télécommunications et la navigation (y compris le système européen de navigation par satellite). C'est principalement dans le cadre de ces programmes facultatifs que l'industrie spatiale de chaque État membre peut participer à des missions spatiales spécifiques et à d'autres projets connexes.

³ Étant donné que le Canada ne participe pas au volet Développement technologique, qui relève de la portée des activités obligatoires, « le barème des contributions du Canada est calculé en utilisant la méthodologie établie pour les États membres de l'Agence, à un taux de 50 % par rapport à ces derniers » (Gouvernement du Canada, 2019b).

Figure 1. Allocation budgétaire de l'ESA aux programmes facultatifs pour 2023 (en millions d'euros); source : site Web de l'ESA)



Structure de gouvernance

En raison de son statut unique de seul État non européen, la participation du Canada à l'ESA est établie selon un certain nombre d'instruments :

- Accord de coopération entre le gouvernement du Canada et l'Agence spatiale européenne : Des accords entre le Canada et l'ESA ont été signés et renouvelés consécutivement depuis 1979. Le plus récent d'entre eux a été signé par les deux parties en février 2019. Il est entré en vigueur le 13 juin 2019 et le restera jusqu'au 1^{er} janvier 2030 (ASC, 2019a; Gouvernement du Canada, 2019b). Cet accord est considéré comme un traité et lie donc le Canada (et non seulement l'ASC) dans la coopération avec l'ESA. Il établit les paramètres généraux de collaboration entre le Canada et l'ESA.
- Déclarations concernant les programmes facultatifs : Pour chacun de ses programmes facultatifs, l'ESA adopte une déclaration, c'est-à-dire un document qui décrit les composantes du programme et la contribution financière prévue de chaque État membre participant.
- Ententes concernant les programmes facultatifs : Pour chaque programme facultatif, l'ESA conclut une entente avec le Canada. Ces ententes confirment les modalités de participation au programme et reflètent les paramètres établis dans la déclaration associée.

Tous les trois ans environ, l'ESA organise des réunions du Conseil ministériel, lors desquelles des représentants de tous les États participants se rassemblent pour prendre des décisions sur les affaires courantes de l'ESA en ce qui concerne à la fois les missions et activités existantes et, le cas échéant, les nouvelles missions qui répondent aux besoins et priorités identifiés. Au cours de ces réunions, les États membres peuvent décider de participer à de nouveaux programmes facultatifs ou d'accroître leur participation existante. Au moment de la rédaction du présent rapport, la plus récente réunion du Conseil ministériel, qui a eu lieu en novembre 2022, a mené à une augmentation significative du budget de l'ESA, soit 17 % (2,412 milliards d'euros) de nouveaux fonds provenant de l'engagement de divers États membres. Ces nouvelles ressources devraient notamment améliorer la capacité de l'ESA de participer au programme Artemis dirigé par la NASA, à l'initiative de constellation de satellites pour une connectivité sécurisée IRIS2 de l'Union européenne ainsi qu'à la mission de rover Rosalind Franklin, en plus de maintenir sa participation continue à la Station spatiale internationale (ESA, 2022b).

Gestion des programmes et des activités

L'ASC est responsable de la gestion du PC-ESA, c'est-à-dire des éléments qui régissent la participation du Canada à l'ESA. En ce qui concerne la mise en œuvre concrète des programmes et des activités de l'ESA, y compris ceux auxquels le Canada contribue, elle est entièrement gérée par l'ESA. Les frais généraux de l'ESA sont assumés par les sources de financement suivantes :

- La contribution des États membres aux programmes et activités obligatoires;
- La part de la contribution des États membres à chaque programme facultatif qui est allouée à la gestion du programme (cet aspect est abordé plus en détail dans la section du rapport portant sur l'efficience);
- D'autres fonds versés à l'ESA, y compris par l'Union européenne⁴, peuvent également servir à assumer ces frais généraux.

Il est important de noter que, dans le cadre de la gestion continue des programmes et des activités, l'ESA octroie des contrats à des entreprises situées dans les États membres. C'est notamment le cas pour une partie des activités obligatoires auxquelles le Canada et l'ensemble des autres États membres contribuent, quoique celles-ci ne sont pas nécessairement dans le secteur spatial et peuvent comprendre, entre autres, des services de TI ou de marketing ou encore des activités administratives, et elles sont généralement considérées comme ayant une moindre valeur ajoutée que les contrats liés aux programmes facultatifs. Cela explique pourquoi les États membres peuvent s'attendre à une juste part en retour de leurs contributions, tant aux programmes et activités obligatoires qu'aux programmes facultatifs.

Participation du secteur spatial canadien

Le secteur spatial canadien participe aux activités de l'ESA par l'entremise de différents mécanismes dans le cadre du PC-ESA.

En général, la participation de l'industrie spatiale canadienne se déroule dans le cadre du processus d'approvisionnement officiel de l'ESA (ESA, 2023I). Lorsque les étapes de planification et de préparation d'une mission ou d'un projet sont terminées, l'ESA lance généralement un appel d'offres, qui déclenche officiellement le processus de soumission. Les entreprises admissibles (ou d'autres entités admissibles comme les universités ou les centres de recherche) sont alors invitées à soumettre leurs propositions. Souvent, une seule grande entreprise (appelée « entrepreneur principal ») dirige l'offre et communique avec d'autres entreprises, entités ou experts scientifiques admissibles pour bâtir une équipe et formuler une proposition qui répond pleinement aux exigences contenues dans l'appel d'offres. Les entreprises canadiennes agissent régulièrement à titre de sous-traitants, se joignant à des entrepreneurs principaux européens, mais elles agissent aussi à l'occasion à titre d'entrepreneurs principaux. En fonction du programme servant à financer une mission ou un projet, les entreprises canadiennes peuvent être obligées

⁴ En 2023, la contribution de l'Union européenne s'élevait à 24,2 % du budget global de l'ESA.

de fournir une lettre d'appui de l'ASC avant de soumettre une offre ou de participer à titre de sous-traitants (ASC, 2020b).

Le degré de participation des établissements canadiens à des missions ou projets de l'ESA, dans le cadre de programmes facultatifs ou d'activités obligatoires admissibles, est déterminé par la contribution financière globale que le Canada s'est engagé à verser, tel que documenté dans la déclaration applicable.

Les établissements universitaires peuvent également répondre à un appel d'offres ou se joindre à une équipe constituée par un entrepreneur principal. En outre, comme avantage supplémentaire, les chercheurs et les scientifiques canadiens peuvent être invités à participer à divers comités scientifiques établis par l'ESA, ce qui leur permet d'accéder aux données produites dans le cadre des missions de l'ESA (bien qu'une proportion croissante de données soit en libre accès, certaines données peuvent être accessibles plus tôt aux États membres de l'ESA, ou encore être réservées uniquement à ces derniers).

Structure de gestion du PC-ESA

Rôle de l'ASC

Le PC-ESA est l'une des composantes du Programme de développement des capacités spatiales (PDCS) de l'ASC, qui consiste à mener « des activités, allant de travaux de recherche et développement préalables aux missions à des démonstrations de vol en temps opportun, en vue de positionner le secteur spatial canadien de façon à ce qu'il puisse tirer avantage des occasions s'offrant à l'échelle mondiale » (Gouvernement du Canada, 2023b). Par conséquent, le programme relève de la Direction générale des Sciences et technologies spatiales de l'ASC, qui gère le PDCS, avec le soutien d'autres directions générales de l'ASC, selon les besoins.

Dans le cadre de la mise en œuvre du PC-ESA, l'équipe de programme qui y est affectée réalise un éventail d'activités habilitantes. Cette équipe comprend notamment la Direction générale des Politiques, et met à contribution plusieurs autres secteurs et directions générales, par l'entremise des nombreux délégués qui y participent. Les activités réalisées dans le cadre du PC-ESA incluent les composantes suivantes :

- Diriger les négociations liées à l'Accord de coopération et aux déclarations et ententes connexes;
- Mobiliser les principales parties prenantes canadiennes pendant les consultations en vue des réunions du Conseil ministériel de l'ESA;
- Participer aux affaires courantes de l'ESA, y compris le travail réalisé par les délégués canadiens (environ 30 personnes) dans le cadre des nombreux conseils de programme, comités et groupes consultatifs au sein de l'ESA, ainsi que toutes les activités liées aux réunions du Conseil ministériel, tant au niveau des délégués qu'au niveau ministériel;
- Gérer les contributions continues faites à l'ESA dans le cadre du PC-ESA;
- Soutenir les parties prenantes lorsqu'elles explorent les possibilités offertes par l'ESA ou participent à des missions ou à des activités menées par l'ESA.

Rôle d'Affaires mondiales Canada

Puisque l'Accord de coopération entre le Canada et l'ESA a le statut juridique d'un traité international, Affaires mondiales Canada (AMC) collabore directement avec l'ASC dans le cadre des négociations menant au renouvellement de l'Accord. AMC appuie également le processus d'obtention des décrets nécessaires dans le cadre des diverses ententes qui définissent la participation du Canada aux programmes facultatifs. La délégation canadienne permanente à l'ESA, établie à Paris, rapporte également à AMC en plus de l'ASC.

Ressources du programme

Au cours des cinq années couvertes par l'évaluation, l'ASC a investi environ 216 millions de dollars dans le PC-ESA. Comme l'indique le tableau 1, les dépenses annuelles ont varié de 31 à 51 millions de dollars, ce qui représente, en moyenne, environ 44 % du budget de l'ASC alloué au Programme de développement des capacités spatiales (PDCS) (Gouvernement du Canada, 2023a)⁵. Il est important de noter que le tableau 1 indique les paiements de l'ASC à l'ESA pour chaque année fiscale. Le montant de la contribution de l'ASC à chaque programme de l'ESA est engagé lors des réunions du Conseil ministériel, et les contrats que l'ESA attribue en retour au secteur spatial canadien ont des horizons à long terme par rapport à la durée de chaque programme. Par conséquent, ils ne peuvent être directement corrélés avec les chiffres présentés ci-dessous. Les coûts liés à la gestion interne du programme au sein de l'ASC représentent entre 1 % et 2 % de l'investissement total dans le PC-ESA. La baisse des coûts de fonctionnement et d'entretien (F&E) au cours des exercices 2020-2021 et 2021-2022 est en grande partie attribuable au fait qu'aucun déplacement n'a eu lieu pendant la pandémie de COVID-19. Avec le retour des réunions en personne, les coûts devraient revenir à ce qu'ils étaient auparavant.

⁵ Les coûts annuels des programmes facultatifs reflètent les paiements réels (par opposition aux engagements) versés à l'ESA conformément à l'Accord de coopération. Il est prévu que ces coûts varient en raison de la nature des activités entreprises par les industries canadiennes ainsi que des jalons franchis.

ÉVALUATION DU PROGRAMME DE CONTRIBUTION À L'ESA

PROJET N° 22/23 – 02-01

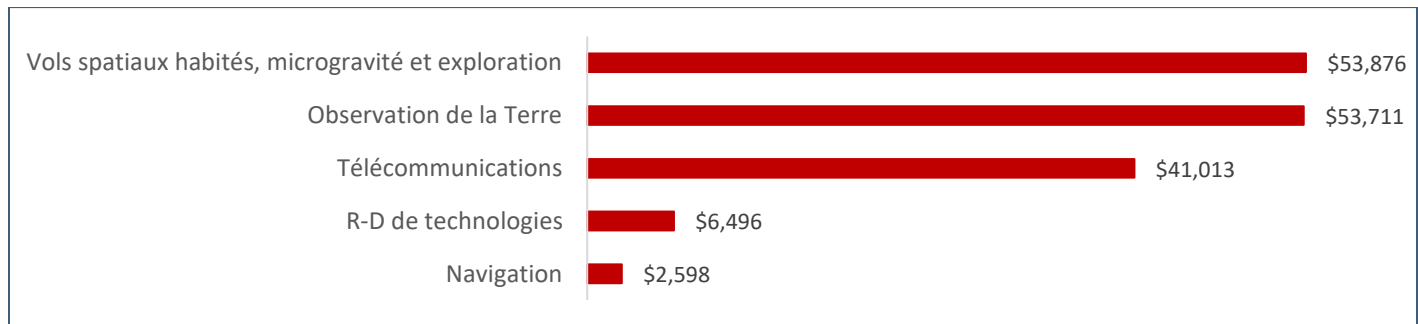
Tableau 1. Résumé des ressources réelles investies dans le PC-ESA (en milliers de dollars canadiens) source : données financières de l'ASC

Activités	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	Total
Contributions à l'ESA						
Budget général	10 099	10 273	11 642	11 631	12 050	55 696
Programmes facultatifs	19 878	25 819	39 167	38 521	34 308	157 694
<i>Sous-total</i>	<i>29 977</i>	<i>36 092</i>	<i>50 810</i>	<i>50 152</i>	<i>46 358</i>	<i>213 390</i>
Gestion du PC-ESA						
Nombre d'ETP ¹	4	4	3	4	3	
Salaires	493	499	387	485	343	2 208
F&E	113	90	1	1	81	286
<i>Sous-total</i>	<i>606</i>	<i>589</i>	<i>389</i>	<i>487</i>	<i>424</i>	<i>2 494</i>
Total	30 583	36 681	51 197	50 639	46 782	215 884

1. Le nombre d'Équivalent temps plein (ETP) correspond aux personnes principalement affectées au PC-ESA. Il n'inclut pas le temps consacré par tous les délégués canadiens qui participent aux divers comités de l'ESA.

En se penchant plus précisément sur les programmes facultatifs auxquels le Canada participe, la figure 2 indique la répartition des paiements réels effectués par l'ASC à l'ESA au cours des cinq exercices financiers visés par l'évaluation.

Figure 2 : Paiements de l'ASC liés aux programmes facultatifs de l'ESA, de 2018-2019 à 2022-2023 (en milliers de dollars canadiens); source : données financières de l'ASC



3. Résultats de l'évaluation

Cette section du rapport présente une synthèse des principaux constats ayant émergé des données examinées au cours de l'évaluation. Elle aborde les aspects de la pertinence, de l'efficacité et de l'efficience du PC-ESA.

Pertinence

L'importance stratégique du marché de l'ESA

Constatation : Le PC-ESA continue d'être une importante composante du programme spatial canadien, offrant à celui-ci un vaste éventail de possibilités de forger des partenariats et des collaborations, de réaliser des progrès technologiques, et de faciliter l'accès au marché spatial européen et aux opportunités subséquentes sur le marché spatial international.

Comme mentionné précédemment, la composante de l'économie spatiale européenne qui relève du secteur public est un marché essentiellement fermé, principalement réservé aux industries spatiales d'Europe. Dans ce contexte, il importe de déterminer l'importance stratégique de fournir au secteur spatial canadien un accès au marché européen par le biais de la relation privilégiée qu'entretient le Canada avec l'ESA en tant qu'État coopérant. Le PC-ESA n'est pas le seul mécanisme par lequel le secteur spatial canadien peut accéder à un marché étranger relevant du secteur public, mais il facilite effectivement cet accès et, grâce au statut officiel de membre de l'ESA, il permet au secteur spatial canadien de participer aux projets de l'ESA de manière continue, sans qu'il soit nécessaire de conclure des arrangements spéciaux au cas par cas.

Aperçu de l'industrie spatiale canadienne

L'industrie spatiale canadienne comprend un certain nombre de caractéristiques. Les communications par satellite représentent la composante dominante du secteur au niveau des revenus, essentiellement en raison des besoins de radiodiffusion⁶. Près de 80 % des 4,9 milliards de dollars générés par l'industrie spatiale canadienne en 2021 provenaient des communications par satellite (ASC, 2023a, p. 18). Cela inclut la fabrication d'équipement pour les segments spatial et terrestre, l'exploitation des satellites, ainsi que l'offre d'un éventail de services, de produits et d'applications de communication. En dehors des communications par satellite, l'industrie spatiale canadienne comprend une panoplie d'activités qui couvrent tous les domaines spatiaux traditionnels et qui ont généré environ un milliard de dollars en 2021, comme l'illustre la figure 3.

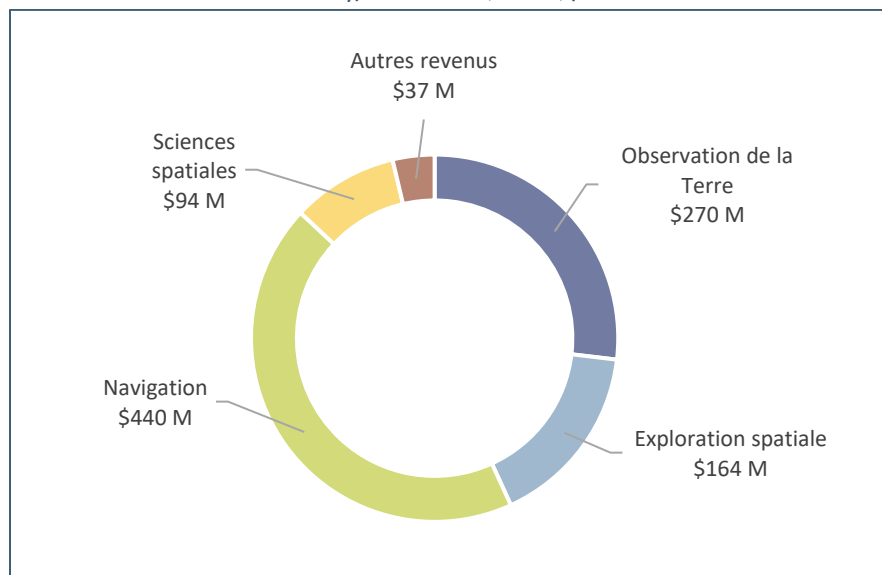
Également, l'industrie spatiale canadienne se compose de quelques gros joueurs, qui génèrent à eux seuls la majeure partie des revenus, et d'une multitude d'organisations plus petites qui génèrent le reste. À titre d'exemple, 95% des revenus spatiaux proviennent de 30 organisations (26 entreprises et 4 universités)

⁶ La radiodiffusion comprend généralement la diffusion (publique ou privée) de contenu audio ou vidéo au grand public, et elle implique divers médiums, comme la radio, la télévision et l'internet.

alors qu'il existe plus de 200 organisations œuvrant dans le domaine spatial au Canada (ASC, 2023a, p. 31; Gouvernement du Canada, 2021). En se basant sur les données économiques de 2021, cela signifie qu'environ 245 millions de dollars de revenus étaient répartis entre 170 organisations, alors que les 4,7 milliards de dollars restants étaient partagés entre les 30 organisations aux revenus plus élevés. Ces données sont utiles pour comprendre le contexte dans lequel l'industrie canadienne interagit avec l'ESA, à savoir que ces grandes entreprises, qui forment une part essentielle de l'industrie spatiale canadienne, sont naturellement plus aptes à utiliser leur taille importante pour tirer profit des possibilités offertes par l'ESA, particulièrement lorsqu'elles agissent en tant qu'entrepreneur principal. Il importe toutefois de noter que les petites et moyennes entreprises (PME) du secteur spatial canadien sont en fait davantage portées vers l'exportation que les plus grandes organisations, puisque 61 % de leurs revenus proviennent de clients situés à l'étranger (ASC, 2023a, p. 31). L'accès aux contrats de l'ESA est particulièrement important pour ces PME, qui constituent le pilier de l'innovation du secteur spatial canadien.

Enfin, 36 % des revenus généraux du secteur spatial canadien provenaient de l'exportation en 2021 (ASC, 2023a, p. 22). Bien que les États-Unis demeurent la plus grande source de revenus d'exportation (57 % de tous les revenus d'exportation), l'Europe vient au deuxième rang (22 % de tous les revenus d'exportation), avec des revenus deux fois plus élevés que ceux découlant des exportations vers l'Asie, la région qui se trouve au troisième rang (ASC, 2023a, p. 24).

Figure 3. Répartition des revenus de l'industrie spatiale canadienne en 2021 par secteur d'activités, à l'exclusion du secteur des communications par satellite (en millions de dollars canadiens); source : ASC, 2023a, p. 20-21



Avantages de la participation à l'ESA

Les résultats de l'évaluation indiquent la valeur accordée à la participation du Canada à l'ESA. Du point de vue du secteur spatial canadien, l'ESA accroît significativement la gamme d'opportunités offertes, grâce aux avantages clés suivants :

- Création de nouveaux partenariats : Le plus grand avantage qui ressort des entrevues effectuées auprès de l'industrie est probablement la capacité d'établir des partenariats et des collaborations avec des entreprises européennes, particulièrement celles qui agissent à titre d'entrepreneur principal sur les projets de l'ESA. Il a été souligné que les occasions commerciales dans le secteur spatial sont principalement fondées sur la confiance, l'expertise et des cas éprouvés de collaboration. Bénéficiant de la solide réputation du Canada dans certains domaines technologiques clés, les entreprises canadiennes qui réussissent à établir et à cultiver ces relations deviennent des partenaires naturels vers lesquels les entrepreneurs principaux peuvent se tourner lorsque vient le temps de préparer une offre pour l'ESA, ou dans le cadre d'autres occasions commerciales. Considérant que le budget de l'ESA est dix fois plus élevé que ce qu'investit l'ensemble du gouvernement du Canada dans l'espace, ces partenariats sont souvent établis avec d'importantes organisations de l'économie spatiale mondiale. Ainsi, le potentiel de coopération future dans d'autres secteurs d'activité est bien présent, tant sur le marché européen hors du contrat initial avec l'ESA qu'en tirant parti des collaborations avec ces grands partenaires européens pour accéder à d'autres marchés mondiaux, ce qui ne serait pas possible en s'appuyant exclusivement sur des partenariats nationaux (Euroconsult, 2022, p. 40; Euroconsult, 2022, p. 167)
- Progression de nouvelles technologies : En tant que l'une des plus importantes agences spatiales au monde, l'ESA entreprend de multiples missions spatiales qui élargissent la gamme de possibilités offertes aux entreprises canadiennes pour mettre au point de nouvelles technologies, de nouveaux produits et de nouveaux services, et les amener à maturité. Par exemple, les données de rendement confirment que les projets financés avec le soutien du PC-ESA ont réussi à augmenter le niveau de maturité technologique (NMT) des technologies canadiennes. Les données indiquent notamment qu'au moins 55 technologies et applications ont été développées par les organisations spatiales canadiennes grâce au soutien du PC-ESA. De nombreuses technologies ont aussi profité des occasions d'accès aux missions spatiales de l'ESA, soit en ayant été à bord d'un vol spatial, soit en ayant été sélectionnées pour une future mission spatiale. Malgré l'implication bien établie du Canada dans le domaine spatial, les investissements dans le secteur sont restés relativement stables et ne sont pas comparables à ce que peuvent réunir les pays membres de l'ESA. La participation du Canada à l'ESA contribue à optimiser ses investissements, puisqu'elle offre à l'industrie des possibilités dans de multiples domaines, y compris ceux qui n'ont pas été systématiquement ciblés dans le cadre des missions de l'ESA, comme les communications par satellite ou la navigation.

- Accès à de nouveaux marchés : Lors des entrevues, les représentants de l'industrie ont également souligné que la participation à une mission de l'ESA est une réalisation de grande valeur qui ouvre la porte à des occasions en dehors de l'ESA. En d'autres termes, le fait d'avoir participé à une mission de l'ESA devient en quelque sorte une « carte d'affaires » qui confère une certaine crédibilité, un atout majeur pour élargir les perspectives d'affaires. Cette crédibilité ne vient pas uniquement du fait d'avoir participé à un programme de l'ESA, mais aussi du fait que les contrats de l'ESA permettent aux entreprises de démontrer leur capacité à livrer, facilitant ainsi l'accès à de nouveaux marchés et à d'autres activités découlant de ces contrats.

Les représentants d'universités apprécient également les collaborations rendues possibles grâce à l'ESA. Siéger à divers comités, entreprendre des recherches scientifiques avec des collaborateurs européens ou participer à des projets précis financés par l'entremise du PC-ESA contribue à faire avancer leurs plans de recherche, et comprendre les tendances qui façonnent les futures priorités dans les domaines scientifiques liés à l'espace, ce qui les aide à rester à l'avant-garde des programmes de recherche.

Enfin, des représentants de l'ASC ont souligné la grande valeur des renseignements stratégiques recueillis dans le cadre de la participation du Canada aux divers comités et organismes décisionnels de l'ESA. L'accès à de l'information détaillée sur les tendances mondiales du secteur spatial, ainsi que sur les missions et les activités actuelles et futures de l'ESA, soutient directement le processus de planification lié aux activités spatiales de l'ASC et du gouvernement fédéral en général. Cette collaboration de longue date entre le Canada et l'ESA favorise également l'établissement de partenariats pour des projets de plus grande envergure (hors de la portée du PC-ESA), comme le télescope spatial James Webb, lancé récemment (ASC, 2022b). Enfin, les possibilités de recherche et développement offertes grâce au PC-ESA sont complémentaires aux autres programmes offerts par l'ASC dans le cadre du Programme de développement des capacités spatiales, et alignées sur les objectifs ministériels qui consistent à s'assurer que le Canada demeure un chef de file dans l'espace et que les investissements du Canada dans le secteur spatial présentent des avantages pour l'économie canadienne (ASC, 2022a).

« Les programmes de l'ESA ont été très importants, utiles et stratégiques pour nous. Sur le plan du réseautage, la relation et la collaboration avec d'autres entreprises scientifiques d'Europe qui cherchent à être actives sur la scène internationale ont eu une grande importance. Grâce à ces partenariats, nous avons été en mesure de réaliser de réels progrès et d'acquérir des connaissances que nous n'aurions pas été en mesure de réaliser ou d'acquérir autrement ou en restant seulement au Canada. En particulier, l'ESA investit des sommes colossales dans les plateformes d'exploitation de satellites d'observation de la Terre. Sans cette exposition aux initiatives de l'ESA, je suis convaincu que nous n'aurions pas pu repousser les limites de nos capacités aussi loin que nous l'avons fait. »

– Représentant d'entreprise (entrevue)

Facteurs qui influencent la pertinence du PC-ESA

Constatation : La pertinence du PC-ESA repose sur la capacité des membres du secteur spatial canadien de participer à des missions et activités concrètes, ce qui peut être limité par l'ampleur du financement alloué par le Canada aux divers programmes facultatifs.

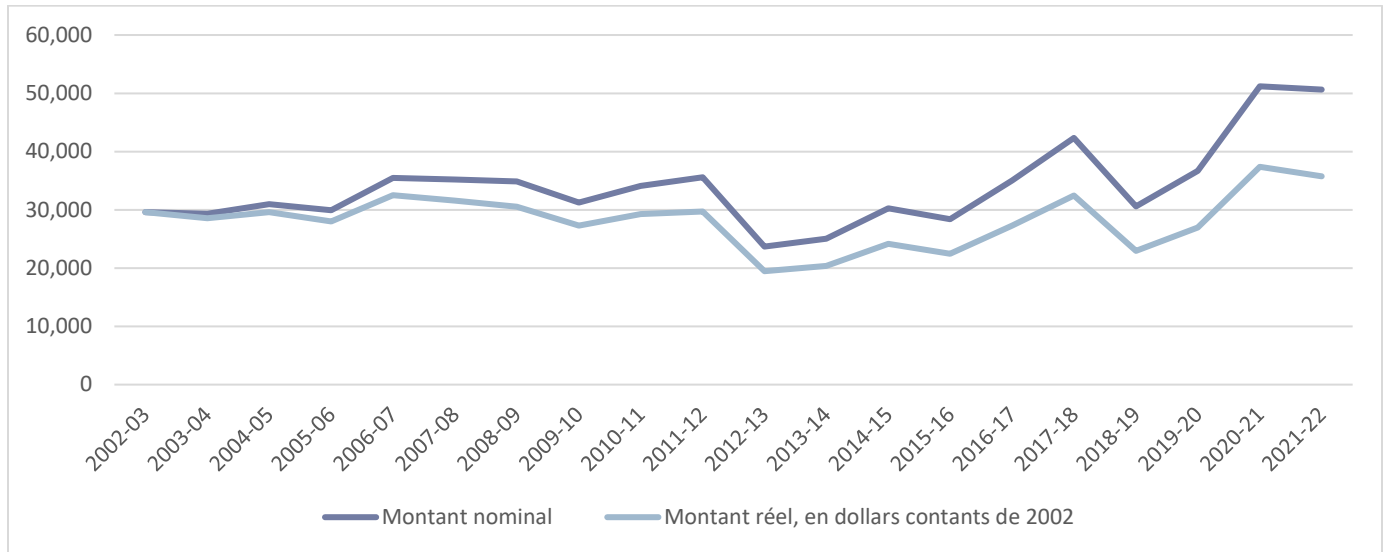
Même si le maintien de la participation du Canada à l'ESA s'appuie sur des motifs solides, les résultats de l'évaluation indiquent que la pertinence du PC-ESA peut être réduite par un certain nombre de facteurs, surtout considérant les changements significatifs constatés dans les deux agences au cours des dernières décennies.

Cadre budgétaire

La justification d'un pays membre à investir dans les programmes de l'ESA repose sur l'hypothèse selon laquelle son secteur spatial national a la capacité de participer activement aux missions et aux activités de l'Agence. Il ressort des entrevues que certains États membres peinent à réaliser le retour sur investissement industriel escompté, en raison des capacités limitées de leur industrie spatiale à entreprendre les tâches requises. Ce n'est pas le cas du Canada. Les entrevues réalisées auprès de représentants de l'ESA et de l'industrie spatiale canadienne indiquent que la capacité de l'industrie canadienne à participer aux missions et activités de l'ESA dépasse le niveau d'investissement du Canada dans le PC-ESA. Cela entraîne la nécessité de faire des choix pour renforcer la capacité du secteur spatial canadien dans son ensemble. Lors des entrevues réalisées auprès de tous les groupes d'intervenants, il a d'ailleurs été mentionné à plusieurs reprises que le Canada serait bien placé pour tirer profit d'un plus grand nombre d'opportunités, si elles se présentaient.

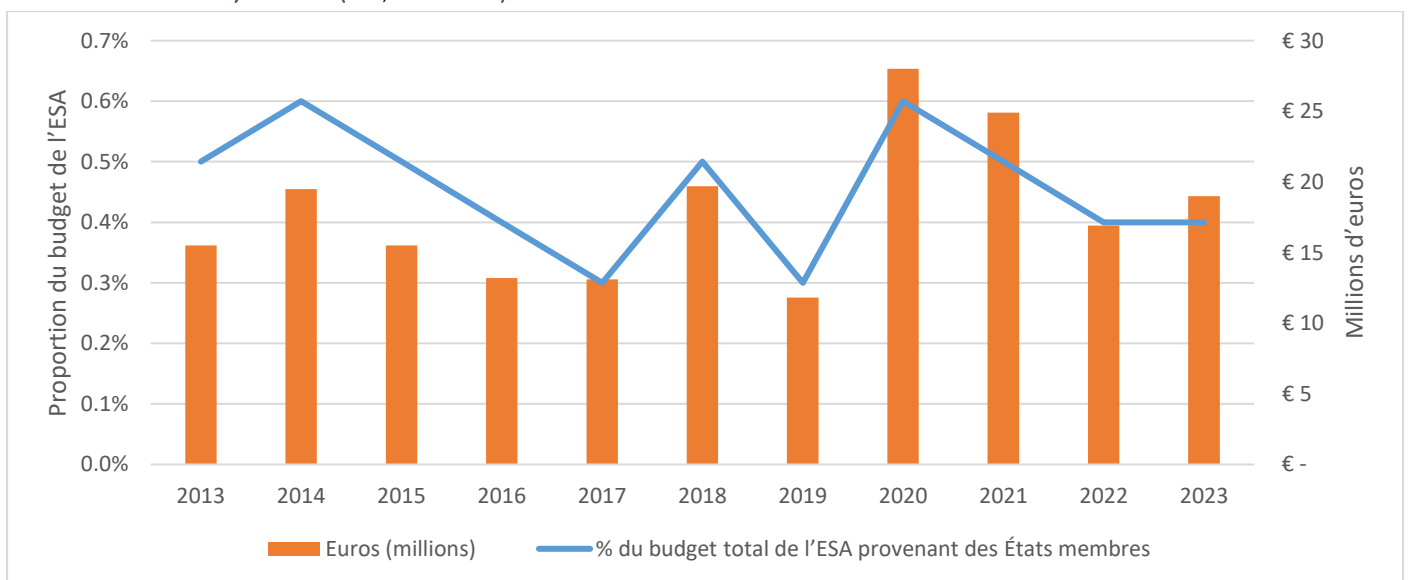
Établir le niveau d'investissement approprié dans le PC-ESA va au-delà de la portée de la présente évaluation. Celle-ci se limite ainsi à documenter les effets du niveau d'investissement actuel. À cette fin, les variations dans les dépenses annuelles associées au PC-ESA au cours des quelque 20 dernières années sont illustrées à la figure 4. Ces variations sont partiellement attribuables au fait que les dépenses illustrées sont le reflet des paiements réels versés à l'ESA en fonction de la progression des contrats auxquels participent les organisations spatiales canadiennes. En dollars nominaux, les sommes annuelles varient entre 30 et 40 millions de dollars au cours de la quasi-totalité de la période, à l'exception d'une diminution sous les 30 millions entre 2012-2013 et 2014-2015 et d'une augmentation plus récente en 2020-2021 et en 2021-2022. La moyenne annuelle nominale pour l'ensemble de la période est d'environ 34 millions de dollars. La figure 4 illustre également les variations dans les dépenses annuelles en dollars constants, c'est-à-dire pondérés en fonction de l'inflation, avec 2002 comme année de référence. Ces données indiquent une diminution globale des investissements au cours de la majeure partie de la période, avec une moyenne annuelle (en dollars constants de 2002) d'environ 28,3 millions de dollars.

Figure 4. Ressources investies dans le PC-ESA entre 2002-2003 et 2021-2022 (en milliers de dollars canadiens, nominaux et constants de 2002); sources : ASC, 2010, 2015, 2018; Official Inflation Data, Alioth Finance, 2023.



Dans un contexte plus général, tel qu'illustré à la figure 5, la contribution du Canada représente moins de 1 % du budget de l'ESA au cours des dix dernières années. Les montants versés par le Canada à l'ESA sont indiqués sur un axe du graphique, alors que l'autre axe indique la proportion du budget total de l'ESA que ces montants représentent. Plusieurs fluctuations sont observées, dont des hausses en 2020 et 2021, qui sont particulièrement liées à la participation du Canada à la mission de retour d'échantillons martiens.

Figure 5. Contribution du Canada au budget de l'ESA, en millions d'euros et en pourcentage des contributions totales des États membres; sources : (ESA, 2013-2023)



Les données de la figure 5 confirment que la contribution du Canada, malgré l'augmentation de la valeur nominale, continue de représenter moins de 1 % du budget total de l'ESA provenant des États membres. Dans ce contexte, le Canada a été continuellement confronté au défi de veiller à ce que le financement

qu'il octroie au PC-ESA puisse mener à une diversité de possibilités (en contribuant à un éventail de programmes facultatifs), tout en veillant à ce qu'un financement suffisant soit investi dans chacun de ces programmes pour permettre une participation constructive du secteur spatial canadien.

Les résultats de l'évaluation indiquent qu'il devient de plus en plus difficile d'atteindre cet équilibre. Au cours des entrevues, des représentants de l'industrie spatiale ont fait remarquer que les coûts généraux des missions spatiales augmentent constamment, et que les fonds limités versés par le Canada pour des projets individuels ont tendance à limiter la capacité des entrepreneurs principaux à mobiliser des organisations spatiales canadiennes dans des activités de développement technologique plus poussées. Un entrepreneur principal a fait remarquer au cours d'une entrevue qu'il opte de plus en plus pour des technologies déjà prêtes offertes par des entreprises canadiennes, car les fonds limités ne permettent pas une participation plus importante. Cette situation est problématique, puisque la participation à l'ESA vise à permettre aux entreprises canadiennes d'accroître leurs capacités technologiques (voir le modèle logique à l'annexe B).

Les enjeux potentiels résultant du défi de financement ne se limitent pas à un manque de participation significative, mais peuvent également avoir une incidence sur la composition de l'industrie canadienne susceptible de participer aux programmes de l'ESA à l'avenir. Comme mentionné précédemment, la majeure partie du financement offert dans le cadre du PC-ESA est destinée à un nombre relativement restreint d'organisations spatiales au Canada. Accroître la gamme d'organisations participantes est un objectif qui a été exprimé par tous les intervenants consultés dans le cadre de la présente évaluation, y compris les représentants de l'ESA. Cet objectif est aussi conforme à la vision exprimée dans la Stratégie spatiale pour le Canada, à savoir de « créer un secteur spatial dynamique et durable ancré dans un effort de l'ensemble du gouvernement » (Gouvernement du Canada, 2019a, p. 9).

De manière générale, ces tendances risquent de faire rater des occasions prometteuses, de limiter la capacité des organisations spatiales canadiennes à faire progresser de manière significative leurs capacités technologiques, et de permettre aux organisations spatiales d'autres États membres de l'ESA d'étendre leurs activités dans des domaines où le Canada a traditionnellement été particulièrement concurrentiel. À long terme, ces risques pourraient avoir une incidence négative sur la pertinence du PC-ESA.

Portée des programmes facultatifs sélectionnés

La gamme de programmes facultatifs dans lesquels le Canada décide d'investir est un autre facteur qui a une incidence marquée sur la pertinence générale du PC-ESA. Pour les raisons décrites précédemment dans cette section, il est difficile de faire ces choix compte tenu de l'ampleur des missions et des activités entreprises par l'ESA, ainsi que de l'enveloppe financière relativement limitée du PC-ESA.

Comme l'illustre la figure 2 (page 8), les investissements du Canada au cours de la période visée par l'évaluation ont été axés sur l'exploration spatiale, l'observation de la Terre, les télécommunications et, dans une moindre mesure, la navigation. Lors de la dernière réunion ministérielle de l'ESA tenue en novembre 2022, le Canada a ajouté environ 60 millions de dollars à ses engagements existants (ASC, 2023b). Cet investissement est axé sur les mêmes domaines, en plus d'ajouter un petit investissement dans le programme de sécurité spatiale.

Dans l'ensemble, l'évaluation constate que la gamme actuelle d'investissements reflète bien l'expertise que le Canada peut déjà offrir aux partenaires européens. La solide réputation du Canada en robotique (reflétée par les investissements en exploration spatiale), en observation de la Terre et en communications par satellite correspond aux choix faits par le Canada au cours de la période d'évaluation (et avant cette période également).

Les personnes interrogées dans le cadre de l'évaluation aimeraient voir une augmentation des investissements du Canada dans les programmes auxquels il participe déjà, ou dans d'autres programmes de l'ESA auxquels le Canada ne participe pas encore, comme le programme Moonlight ou le programme commercial ScaleUp qui a été lancé récemment et qui vise à accélérer la commercialisation de l'espace en Europe par l'entremise des incubateurs d'entreprises de l'ESA. Le soutien à la commercialisation est considéré comme étant particulièrement bien aligné sur l'objectif d'accroître la gamme d'entreprises canadiennes qui participent aux missions et aux activités de l'ESA, en plus d'être une porte d'entrée vers de plus vastes marchés européens.

Au final, il est prévu que la gamme de programmes facultatifs sélectionnés reflète la vision du Canada de soutenir les membres actuels et émergents du secteur spatial canadien. Les résultats de l'évaluation indiquent que le fait d'avoir une vision mieux articulée et communiquée permettrait d'établir une compréhension commune, parmi tous les intervenants, quant à la contribution escomptée du PC-ESA.

Efficacité

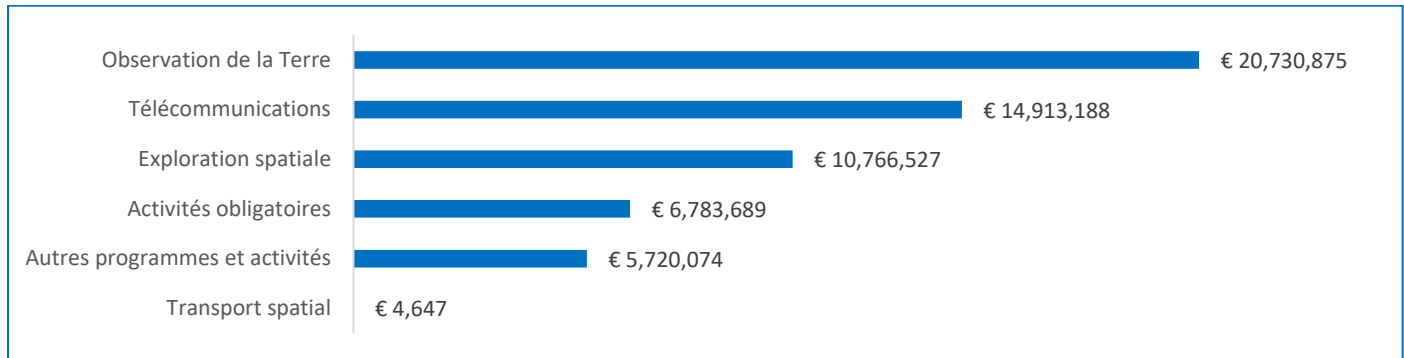
Participation des organisations spatiales canadiennes à l'ESA

Constatation : Au cours de la période visée par l'évaluation, le secteur spatial canadien a participé à un vaste éventail de missions et d'activités, ce qui a permis de réaliser les bénéfices escomptés du PC-ESA. Au fil du temps, le Canada a réussi à atteindre son objectif relativement au coefficient de retour.

Aperçu du degré de participation

Au cours des quatre premières années de la période visée par la présente évaluation (de 2018-2019 à 2021-2022), les organisations spatiales canadiennes ont signé un total de 125 contrats associés aux missions et aux activités de l'ESA, pour une valeur totale de 58 919 000 euros. Ces contrats concernaient principalement des activités liées à l'observation de la Terre, aux télécommunications et à l'exploration spatiale, comme l'illustre la figure 6.

Figure 6. Valeur des contrats attribués aux organisations spatiales canadiennes par domaine d'activités au cours de la période de 2018-2019 à 2021-2022; source : données de l'ESA

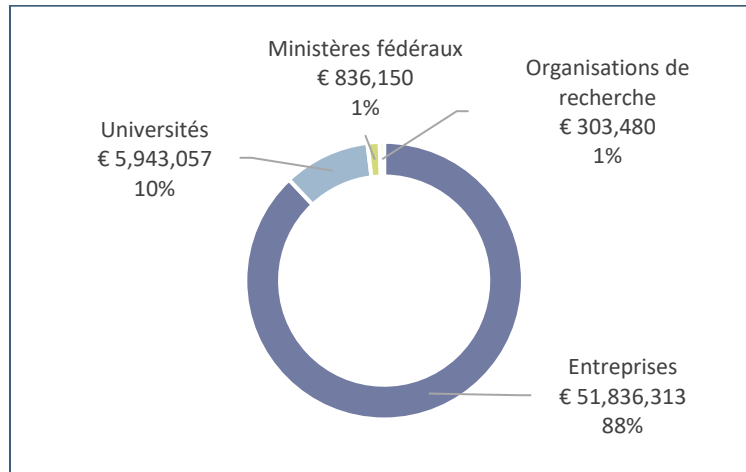


Au total, 61 organisations spatiales canadiennes ont participé à ces contrats (couvrant les quatre premières années de la période d'évaluation), dont 44 entreprises, 13 universités, 3 organismes de recherche (organismes sans but lucratif et Conseil national de recherches) et 1 ministère fédéral (Environnement et Changement climatique Canada). Comme le Canada compte environ 200 organisations spatiales (Gouvernement du Canada, 2021), cela signifie qu'environ 30 % d'entre elles ont participé à des missions et activités de l'ESA pendant cette période.

Toutefois, selon la propre analyse de l'ESA, la majorité des nombreuses organisations canadiennes qui travaillent avec l'ESA ne le fait que rarement. Cela est illustré par la concentration relative de contrats attribués à un petit nombre d'établissements canadiens. Par exemple, l'analyse de l'ESA montre que 80 % des fonds versés à l'industrie étaient gérés par seulement huit entreprises (ESA, 2021b, p. 25). Ces données mettent en lumière le besoin d'accroître la diversité dans la composition des organisations canadiennes qui participent aux projets gérés par l'ESA, surtout compte tenu des bénéfices que cela pourrait avoir sur les PME du domaine spatiale au Canada, considérant leur dynamisme et leur dépendance à l'égard des marchés d'exportation.

La grande majorité des contrats attribués à des organisations canadiennes étaient destinés à des entreprises, comme l'illustre la figure 7. Ces contrats concernaient des activités d'observation de la Terre, de télécommunications et d'exploration spatiale. Même si de nombreuses entreprises canadiennes ont agi à titre d'entrepreneurs principaux dans le cadre de petits contrats de l'ESA, un certain nombre d'entre elles ont également contribué à des contrats importants avec des entrepreneurs principaux étrangers comme Airbus (dont le siège social est à Leiden, aux Pays-Bas), Thales (dont le siège social est en France) ou Sener (dont le siège social est en Espagne).

Figure 7. Valeur des contrats associés aux missions et aux activités de l'ESA, par type d'organisation; source : données de l'ESA



Les universités et organisations de recherche ont aussi axé leur participation sur les activités d'observation de la Terre. Dans le cas particulier des universités, elles ont participé à la fois à des activités de recherche liées à diverses missions de l'ESA et à la bourse postdoctorale Living Planet, qui soutient les chercheurs émergents souhaitant entreprendre une carrière scientifique en observation de la Terre (ESA, 2023h).

Considérations liées à l'ACS Plus

L'évaluation inclut des considérations liées à l'Analyse comparative entre les sexes plus (ACS Plus). Il faut toutefois souligner que les missions et activités soutenues dans le cadre du PC-ESA sont gérées par l'ESA, selon ses propres règles et directives en matière de fonctionnement et d'approvisionnement. Ainsi, l'évaluation a principalement orienté ses efforts à documenter la composition des équipes impliquées dans les projets et activités soutenus par le PC-ESA, et à comprendre l'approche de l'ESA en ce qui concerne l'équité, la diversité et l'inclusion.

Les données sur le rendement d'environ la moitié des projets financés grâce au soutien du PC-ESA indiquent que les équipes qui participaient à ces projets étaient composées à 83 % d'hommes. Ces données reflètent le portrait du secteur spatial en général (ASC, 2023a, p. 8). Toutefois, les femmes représentaient 23% des membres ayant intégré le secteur spatial récemment, ce qui peut signaler une tendance vers une meilleure parité hommes-femmes.

L'évaluation constate également que l'ESA a entrepris des efforts pour accroître l'équité, la diversité et l'inclusion dans ses activités. Par exemple, l'ESA a lancé une campagne visant à recruter un ou une astronaute en situation de handicap, et elle travaille à la mise en œuvre d'Agenda 2025, qui comprend une stratégie en huit étapes pour une diversité accrue et une meilleure inclusion. De plus, l'ESA a adopté une politique sur l'approvisionnement responsable (*ESA Responsible Procurement Policy*) et un code de conduite en matière de responsabilité sociale (*Corporate Social Responsibility Code of Conduct*) en 2023, qui intègrent des aspects liés au genre.

Résultats du programme rapportés

Les constats d'évaluation indiquent que les avantages escomptés liés à la participation du Canada à l'ESA ont continué de se concrétiser au cours de la période visée par l'évaluation.

Des représentants de l'industrie spatiale canadienne ont souligné en entrevues que leur participation à l'ESA leur avait permis de développer de nouvelles sphères d'expertise et de nouveaux produits et services, de renforcer leur capacité de production et de consolider leurs relations avec des clients internationaux. Les données sur le rendement démontrent également que le financement du PC-ESA semble directement appuyer l'embauche de personnel hautement qualifié (PHQ), puisque selon les rapports, 81 % des membres des équipes de projet appartenaient à cette catégorie.

Les constats résultant des études de cas réalisées dans le cadre de la présente évaluation illustrent plus précisément les effets du PC-ESA sur l'industrie spatiale canadienne :

- Biomass (observation de la Terre) : L'ESA se prépare pour le lancement de sa mission Biomass, prévue pour 2024. Cette mission devrait permettre d'obtenir des données essentielles sur l'état des forêts, y compris les changements qui s'y produisent et leur rôle dans le cycle du carbone (ESA, 2023c). L'ESA a choisi Airbus comme entrepreneur principal pour la construction de ce nouveau satellite d'observation de la Terre. À son tour, et avec le soutien du PC-ESA, Airbus a octroyé un contrat à l'entreprise canadienne C-Core, située à Terre-Neuve-et-Labrador, pour la conception, la mise au point, la production, la livraison et l'installation d'un transpondeur d'étalonnage, un dispositif qui reçoit et transmet des ondes radio dans une bande de fréquences prédéterminée (ASC, 2019b). Pour C-Core, ce contrat a été l'occasion de faire la démonstration de ses capacités de développement d'algorithmes et de systèmes de traitement embarqués.
- NAVISP (navigation) : Le programme d'innovation et de soutien dans le domaine de la navigation (NAVISP) de l'ESA appuie le développement de nouvelles technologies de positionnement, de navigation et de synchronisation (PNS) qui vont au-delà de l'utilisation exclusive des signaux et des données de navigation satellitaires (ESA, 2023j). Avec le développement continu de processus d'automatisation plus poussés, cette technologie joue un rôle essentiel. Avec le soutien du PC-ESA, l'entreprise canadienne RX Networks, située à Vancouver, a mis au point un service de correction infonuagique de haute précision pour les récepteurs du Système mondial de navigation par satellite (GNSS) (ASC, 2020a). RX Networks a ainsi pu accélérer le développement de ses solutions de haute précision, ce qui a mené à la création de partenariats avec des entreprises établies en Europe et dans d'autres marchés étrangers, dont une collaboration avec Qualcomm annoncée en octobre 2022, visant l'intégration du système de positionnement au mètre près de RX Networks dans quelque deux milliards de téléphones mobiles partout dans le monde (Rx Networks, 2022).
- GSTP (technologie) : Dans le cadre de son programme général de technologie de soutien (GSTP), l'ESA a financé Umicore, un groupe mondial de technologie et de recyclage des matériaux dont le siège social est situé en Belgique, pour améliorer l'efficacité des cellules photovoltaïques spatiales, notamment grâce à une utilisation plus efficace des substrats de germanium (un matériau semi-conducteur). Cette amélioration est essentielle étant donné que la demande pour ce

semiconducteur devrait excéder sa disponibilité, particulièrement avec le lancement de vastes constellations de satellites. Dans le cadre de ce projet, Umicore a demandé à l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (IIIT) de l'Université de Sherbrooke de contribuer aux activités de recherche et développement, en s'appuyant sur les recherches publiées antérieurement par l'IIIT. Les nouvelles technologies mises au point dans le cadre de ce projet pourront également servir à des applications terrestres, particulièrement en ce qui concerne l'amélioration de l'efficacité des panneaux solaires. Pour approfondir leur collaboration, l'IIIT et Umicore planifient actuellement la création d'une chaire de recherche à l'Université de Sherbrooke. Pour l'IIIT, le partenariat avec Umicore a contribué à lui donner une réputation internationale en recherche appliquée, menant à l'ouverture de possibilités commerciales.

- *Global Space Markets Challenge* : En collaboration avec Eurisy, une association sans but lucratif européenne réunissant plus de 15 agences spatiales nationales et autres organisations connexes, l'ESA a créé le *Global Space Markets Challenge*, une compétition qui vise à accroître la visibilité des petites et moyennes entreprises prometteuses qui offrent des produits et services dans les secteurs spatiaux en amont et en aval (ESA, 2023f). La première édition de cette compétition, lors de laquelle les entreprises participantes étaient invitées à présenter un plan d'internationalisation pour un de leurs produits ou services, a eu lieu en 2021. Les douze finalistes (six du secteur en amont et six du secteur en aval) ont été invités à donner une présentation au 72^e Congrès international d'astronautique (IAC), à Dubaï. L'entreprise canadienne A.U.G. Signals a terminé en troisième place dans la catégorie aval. En plus de recevoir 5 000 euros pour faire progresser son plan d'internationalisation, l'entreprise a eu l'occasion d'élargir son réseau et de se faire connaître auprès d'une vaste communauté d'entreprises à vocation spatiale et de sociétés d'investissement en capital de risque (ESA, 2021). Les représentants d'A.U.G. Signals ont témoigné de leur grande reconnaissance pour cette occasion d'entrer en relation avec des entreprises européennes, et considèrent que cette expérience dans son ensemble a été précieuse pour tous les employés qui y ont participé. Ils ont exprimé leur intention de participer à nouveau à cette compétition lors des prochaines éditions.

Lors des entrevues, des représentants de la communauté canadienne de chercheurs et de scientifiques ont aussi souligné les effets positifs de leur participation aux activités de l'ESA. En plus de leur fournir un accès complet à un éventail d'ensembles de données et de favoriser les occasions de collaboration avec des chercheurs des États membres, le financement obtenu de l'ESA est venu soutenir la participation d'étudiants, de boursiers postdoctoraux et de chercheurs émergents. La relation étroite entre les chercheurs et scientifiques canadiens et européens facilite également la planification de futures activités liées aux nouvelles missions spatiales auxquelles participeront l'ESA et l'ASC. Elle donne accès à des domaines de recherche dans lesquels l'ASC est moins impliquée, et de multiples universitaires ont décrit la manière dont l'ESA facilite la réalisation de certaines recherches qui pourraient ne pas voir le jour en l'absence de l'accord actuel conclu avec l'ESA.

« L'ESA dispose d'un plus gros budget que l'ASC et a une portée plus grande. En même temps, elle tend effectivement à cibler certains domaines qui, à mon avis, sont d'une importance considérable pour l'avenir. »

– Membre du milieu universitaire
(entrevue)

L'étude de cas sur la mission SWARM illustre bien la manière dont les activités de recherche financées par l'ESA mettent à contribution les chercheurs et scientifiques canadiens. Lancée en 2013, la mission consistait à l'origine en une constellation de trois satellites qui devaient prendre des mesures de précision et de résolution élevées du champ magnétique terrestre (ESA, 2023k). Ces trois satellites comportent un certain nombre d'instruments, dont un instrument de mesure des champs électriques (EFI), mis au point dans le cadre d'un contrat pour lequel l'entreprise canadienne Honeywell agissait comme entrepreneur principal, avec des chercheurs canadiens affiliés à l'Université de Calgary (à titre de chercheur principal), à l'Université de l'Alberta et à l'Université de la Saskatchewan, ainsi que des chercheurs européens. En 2018, pour augmenter la capacité de la mission SWARM, l'ESA et le Canada ont eu recours au programme de mission de tierce partie de l'ESA pour y ajouter le satellite canadien Echo (faisant à l'origine partie de la mission CASSIOPE, financée par l'ASC, et équipé d'une sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire), permettant ainsi d'obtenir des données complémentaires sur la météo spatiale (ESA, 2018). La mission SWARM a été prolongée jusqu'en 2025, permettant aux chercheurs de poursuivre leurs collaborations, d'échanger leurs connaissances et de mettre à contribution des étudiants et des boursiers postdoctoraux.

Retour industriel réalisé par le Canada

Constatation : Le Canada est en bonne position pour réaliser le coefficient de retour prévu sur son investissement dans les programmes facultatifs.

L'obtention d'un juste retour des investissements du Canada dans l'ESA, par l'entremise de contrats octroyés à son secteur spatial, est un aspect crucial à considérer dans l'évaluation de l'efficacité du PC-ESA. Comme mentionné plus tôt dans le présent rapport, le Canada a toujours réussi à atteindre le coefficient de retour ciblé dans le passé.

Ce coefficient de retour, dans le contexte de l'ESA, est défini comme le « ratio entre la part d'un pays dans la valeur pondérée⁷ des contrats obtenus et la part qu'il verse en contribution à l'Agence » (ESA, 2023g). En d'autres termes, si la contribution du Canada à un programme facultatif représente 5 % du budget total de ce programme, le secteur spatial canadien devrait recevoir 5 % de la valeur totale des contrats octroyés dans le cadre de ce programme (atteignant ainsi le coefficient idéal de 1,00).

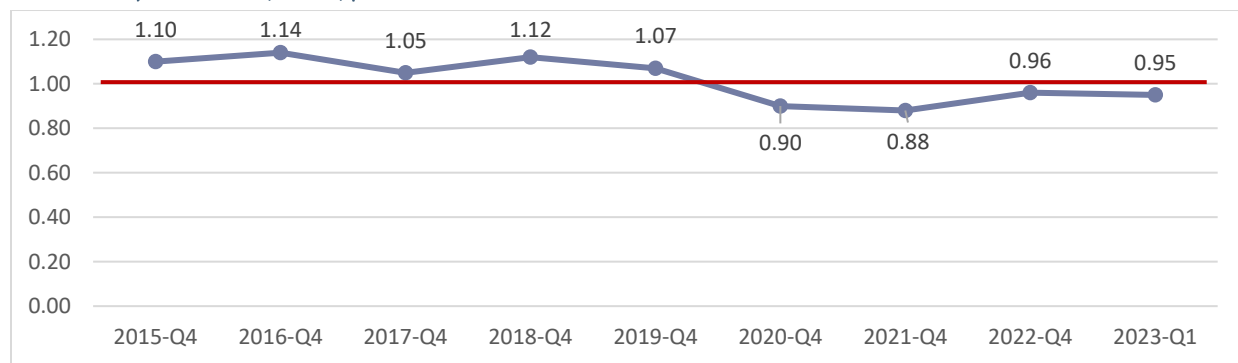
Compte tenu de l'envergure des missions et des activités de l'ESA, ainsi que de la complexité de mobiliser de multiples parties (comme des entrepreneurs principaux, des sous-traitants, des chercheurs et des scientifiques), on s'attend à des fluctuations du retour industriel obtenu par un État membre au fil du temps. Dans ce contexte, l'ESA établit des périodes statistiques qui servent au suivi continu des coefficients

⁷ Les valeurs pondérées sont obtenues au moyen d'un facteur de pondération technologique, selon lequel les contrats qui se rapportent entièrement aux technologies spatiales se voient attribuer un facteur de 1,00 (aucun ajustement), alors que les contrats qui n'ont aucun lien avec les technologies spatiales ou qui ne s'y rapportent qu'en partie se voient attribuer des facteurs de pondération inférieurs, selon les cas. Les contrats octroyés dans le cadre des programmes facultatifs de l'ESA ont généralement un facteur de pondération de 1,00, alors que les contrats qui se rapportent aux activités obligatoires peuvent avoir une pondération plus faible, puisqu'ils sont possiblement liés aux besoins opérationnels de l'ESA.

de retour réalisés par chacun des États membres. Au moment de la rédaction du présent rapport, la période statistique utilisée par l'ESA s'échelonnait du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2029. À certains moments clés durant cette période, soit le 31 décembre 2019 et le 31 décembre 2024, l'ESA procède à un examen des coefficients de retour réalisés par chacun des États membres afin de cerner la nécessité d'apporter des mesures correctives. Puisque les mesures correctives (comme l'octroi de contrats supplémentaires à l'industrie spatiale d'un pays membre) ne sont pas garanties, il est possible qu'en fin de compte, le coefficient idéal de 1,00 ne puisse pas être atteint. À titre de points de comparaison, l'ESA visait à ce que chaque État membre réalise un coefficient de retour d'au moins 0,91 à la fin de 2019, et d'au moins 0,93 à la fin de 2024 (ESA, 2023a, p. 5).

Le Canada, comme l'illustre la figure 8, tend à dépasser la cible idéale de 1,00 au cours de la période statistique actuelle, à l'exception de 2020 et de 2021⁸, et est donc en bonne voie d'obtenir un « juste retour » pour sa participation à l'ESA. Ces résultats sont en phase avec ceux des précédentes évaluations du PC-ESA (ASC, 2018, p. 24).

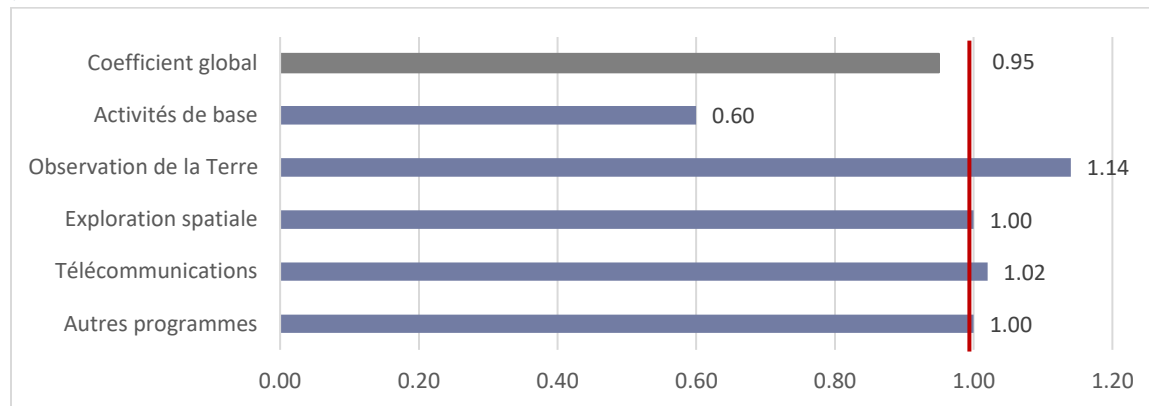
Figure 8. Coefficient de retour global atteint par le Canada au cours de la période de janvier 2015 à mars 2023; source : ESA, 2023a, p. 27



L'analyse des divers domaines d'activités auxquels le Canada participe démontre que le Canada a obtenu un bon rendement dans tous les secteurs stratégiques, à l'exception des contrats liés aux activités de base financées par le budget général, comme l'illustre la figure 9. Cela témoigne d'une tendance historique selon laquelle le secteur spatial canadien a généralement de la difficulté à fournir les types de services qui relèvent normalement du budget général de l'ESA, en particulier les services qui demandent une présence sur place dans les installations de l'ESA, comme les services d'entretien et les services de TI, entre autres. Au fil du temps, des mesures particulières ont été mises en œuvre avec succès pour combler cet écart (ASC, 2018, p. 25).

⁸ Cette période coïncide avec le ralentissement général observé dans l'industrie spatiale en raison de la pandémie de COVID-19 (OCDE, 2020).

Figure 9. Coefficients de retour atteints par le Canada pour la période de janvier 2015 à mars 2023, par domaine d'activité; source : ESA, 2023a



Effizienz

Gestion du PC-ESA

Constatation : Dans l'ensemble, le PC-ESA est un programme bien géré, dans le cadre duquel l'ESA et l'ASC collaborent étroitement pour appuyer la participation du secteur spatial canadien. En vue d'améliorer davantage la gestion du programme, l'évaluation a identifié le besoin de promouvoir le programme auprès d'un plus vaste public et de mobiliser le secteur spatial canadien plus tôt dans la planification des réunions du Conseil ministériel.

Gestion continue du PC-ESA

S'appuyant sur une collaboration qui remonte à plus de 40 ans, le PC-ESA est un programme exceptionnellement mature. Depuis que l'ASC gère la relation continue avec l'ESA, des liens de confiance et des collaborations étroites ont été forgés entre les deux organisations. Lors des entrevues, les représentants de l'ESA ont souligné à maintes reprises l'effizienz et le professionnalisme des représentants de l'ASC qui participent aux divers conseils, comités et groupes de travail. Les représentants de l'ASC ont fait écho à ces sentiments et ont fait part de la grande valeur qu'ils accordent au soutien continu offert par l'ESA.

Toutefois, le transfert d'information de l'ESA à l'ASC est un domaine qui soulève certains défis opérationnels. Même si l'ESA se montre généralement réceptive, certains renseignements sont plus difficiles à obtenir pour l'ASC. C'est particulièrement le cas pour certaines microdonnées relatives à des contrats précis. Il est entendu que, considérant la taille de l'ESA et le fait que ce soit elle qui, ultimement, assure la gestion des contrats, il existe une limite quant à la quantité d'information qu'elle peut communiquer instantanément à chacun des États membres. Cette situation engendre néanmoins des défis pour les opérations internes, où il importe de savoir exactement à quel moment les contrats prennent fin ou à qui ils seront attribués. Ces éléments sont importants pour la reddition de compte interne à l'ASC, surtout en ce qui concerne la mesure du rendement et le suivi financier.

« Je tiens à féliciter l'ESA pour avoir innové en nommant un responsable national pour le Canada. Je suis impressionné par la quantité d'informations que l'ESA est en mesure de communiquer et de préparer, en collaboration avec nous, spécialement pour notre pays. C'est une chose qui ne se faisait pas dans le passé, et ce service est vraiment phénoménal. L'ESA est une très grosse machine et il est difficile pour nous à l'ASC, qui sommes une petite organisation, d'en comprendre tous les rouages et les différents processus. Le fait d'avoir un guichet unique pour nos demandes de renseignements a été très utile et très efficace. Le travail de ce responsable national a également des répercussions sur l'industrie. »

– Employé de l'ASC (entrevue)

Il y a toutefois eu une évolution notable en ce qui concerne les voies de communication entre l'ESA et l'ASC, ce qui a permis d'améliorer l'administration continue du PC-ESA. En particulier, l'affectation par l'ESA d'un responsable national pour le Canada est une amélioration qui a été saluée. Cette personne est la principale ressource à l'ESA pour les questions de l'industrie qui concernent spécialement le Canada (ESA, 2021b). Le mandat des responsables nationaux est assez vaste, mais il comprend notamment la fonction de principale personne-ressource pour les États membres et l'industrie. Le travail du responsable canadien est complémentaire à celui du délégué permanent du Canada à Paris, qui appuie la gestion globale du PC-ESA en plus de représenter le Canada aux divers forums de l'ESA.

Un autre défi lié à l'efficacité concerne la nécessité de tenir des réunions en personne, en particulier au sein des divers conseils de programme auxquels l'ASC participe, ce qui entraîne des frais de déplacement importants pour le Canada. Cet enjeu a été atténué pendant la pandémie, lorsque toutes les réunions étaient virtuelles ou hybrides, mais l'ESA accorde une importance particulière à la tenue de ces réunions en personne. Il y a des raisons légitimes à cela, comme la volonté de veiller à ce que tous les États membres profitent des

mêmes opportunités et à ce qu'il n'y ait pas de différenciation entre ceux qui ont les ressources nécessaires pour être en présentiel et ceux à distance. Cela a toutefois un coût, particulièrement depuis que ces réunions ont souvent lieu au moins quatre fois par année pour chaque conseil. Cette situation est plus difficile pour le Canada que pour les autres États membres, compte tenu de son emplacement géographique à l'extérieur du continent européen. Le temps consacré par les délégués aux réunions des conseils de programme (qui ont lieu quatre fois par année et durent généralement deux jours), additionné au temps de déplacement et de préparation, revient approximativement à cinq jours de travail pour chaque réunion de conseil. Ce calcul ne tient pas compte du temps requis pour la préparation des réunions du Conseil de l'ESA et des réunions spéciales, du temps consacré aux lettres d'appui aux propositions canadiennes lorsque cela est nécessaire, ni des activités de préparation aux réunions ministérielles, lorsque des décisions d'investissement doivent être prises.

Dans l'ensemble, la collaboration efficace entre l'ESA et l'ASC profite aux organisations spatiales canadiennes participantes. Au cours des entrevues, des représentants tant du secteur industriel que du milieu universitaire ont exprimé leur reconnaissance pour le soutien continu et la disponibilité des employés de l'ASC affectés au programme, ainsi que

« En ce qui concerne l'efficacité liée aux coûts, j'aimerais que nous puissions participer plus souvent à distance aux réunions, par souci d'équité.

Actuellement, ils insistent pour que tout le monde soit sur place pour que les gens ne soient pas laissés pour compte par inadvertance. Les pays qui ne pourraient pas se permettre d'assister à la réunion seraient contraints à la conférence téléphonique, tandis que les autres auraient des conversations dans le couloir et négocieraient des ententes. C'est donc par souci d'équité qu'ils insistent là-dessus et je le comprends. Mais avec la distance et les frais de voyage, c'est beaucoup plus coûteux pour nous que pour les autres pays d'être présents en personne. Ce serait merveilleux si on pouvait en faire plus à distance. »

– Employé de l'ASC (entrevue)

des représentants de l'ESA, le cas échéant. L'évaluation n'a identifié aucune préoccupation majeure liée à cet aspect de la gestion du programme.

Enfin, un aspect de l'efficacité du programme concerne plus particulièrement la gestion interne du programme de l'ASC. Comme mentionné précédemment, la gestion du PC-ESA à l'ASC se fait au sein du PDCS. Les résultats de l'évaluation indiquent que le programme est bien géré et que le travail de l'équipe du programme est grandement apprécié, tant à l'ESA qu'à l'intérieur de l'ASC. Il est généralement admis que le PDCS représente un emplacement logique pour la gestion du PC-ESA. Les informateurs clés ont toutefois mentionné de manière récurrente le besoin d'accroître les synergies et la communication non seulement au sein du PDCS, afin d'assurer le maintien de la complémentarité naturelle entre l'ESA et le Programme de développement des technologies spatiales, mais aussi et surtout avec les autres secteurs de l'ASC pertinents, dont Utilisation de l'espace et Exploration spatiale, afin de veiller à ce que leurs besoins soient comblés et à ce que l'intégrité du PDCS soit préservée. Cette perception est partagée à la fois par les personnes interrogées qui étaient d'avis que le programme pourrait être utilisé de façon plus stratégique pour répondre à leurs besoins, que par le PDCS qui souhaite avoir un lien plus étroit avec les travaux réalisés dans les comités de programme et par les délégués.

Connaissance du programme

Lors des entrevues, certaines préoccupations ont été soulevées en ce qui concerne la connaissance du programme.

Les données administratives de l'ESA indiquent qu'au cours de la période de 2015 à 2022, environ 80 organisations spatiales canadiennes ont collaboré avec l'ESA. Considérant qu'il existe environ 200 organisations spatiales au Canada (Gouvernement du Canada, 2021), cela donne un taux de participation d'environ 40 %. Bien que ce taux témoigne d'une importante participation, les résultats de l'évaluation indiquent qu'il demeure difficile, en particulier pour les organisations émergentes, de comprendre la logique et le fonctionnement du PC-ESA et de l'ESA en général, et la manière dont ils peuvent participer aux diverses opportunités disponibles.

Le site internet de l'ASC contient certains renseignements sur le PC-ESA, mais les constats de l'évaluation confirment qu'elle est insuffisante, car elle se limite en grande partie à fournir une description générale de la participation du Canada à l'ESA. Les représentants du secteur spatial canadien souhaitent obtenir des renseignements plus pratiques qui pourraient les aider dans la recherche des possibilités facilitées par le PC-ESA.

L'Agence a également organisé des événements pour promouvoir et expliquer comment les organisations spatiales canadiennes peuvent collaborer avec l'ESA. Toutefois, les résultats de l'évaluation indiquent que ces activités sont organisées de façon ponctuelle. Les représentants du secteur spatial canadien et de l'ESA invitent l'ASC à adopter une approche plus soutenue et compréhensive pour faire connaître le programme auprès de toutes les organisations qui pourraient en bénéficier. À la lumière des informations recueillies en entrevues, cet aspect est considéré comme particulièrement important compte tenu de la complexité associée aux processus d'approvisionnement de l'ESA, qui peut constituer un obstacle à la participation des organisations spatiales canadiennes et en particulier celle des organisations émergentes.

Tel qu'indiqué dans ce rapport, les divers processus permettant aux organisations spatiales canadiennes de participer aux missions et activités de l'ESA sont assez techniques et complexes. En fait, certains représentants du secteur spatial canadien interrogés dans le cadre de cette évaluation ignoraient que le Canada fournissait une partie du soutien financier permettant à l'ESA de leur octroyer des contrats. Dans ce contexte, une approche plus engagée visant à mieux faire connaître le PC-ESA et ses mécanismes favoriserait un accès plus équitable au programme.

Comme l'ont toutefois fait remarquer certaines personnes interrogées, le fait de mieux faire connaître les possibilités offertes à l'ESA tout en maintenant la participation à son niveau actuel pourrait susciter des attentes qui ne seraient probablement pas satisfaites. Il s'agit d'un facteur pertinent d'un point de vue opérationnel, mais cela crée un environnement moins propice à une participation accrue des organisations spatiales émergentes.

Consultations en vue des réunions du Conseil ministériel de l'ESA

Les réunions du Conseil ministériel de l'ESA sont des événements essentiels organisés en fonction des besoins (habituellement tous les trois ans environ), lors desquels les États membres font des choix stratégiques quant à la meilleure répartition de leurs investissements dans les missions et les activités de l'ESA.

Des travaux préparatoires importants sont entrepris avant chaque réunion du Conseil ministériel. Au fil du temps, comme mentionné dans la dernière évaluation du PC-ESA (ASC, 2018, p. 28), l'ASC a élargi ses consultations auprès du secteur spatial canadien pour mieux orienter ses travaux de planification, et les résultats de la présente évaluation confirment cette tendance. En particulier, un sondage sur le secteur spatial canadien a été réalisé pour appuyer le processus de planification lié à la dernière réunion du Conseil ministériel qui a eu lieu en novembre 2022. Ce sondage a également été considéré comme un gain d'efficacité depuis la dernière évaluation.

Toutefois, l'évaluation constate qu'il pourrait être nécessaire pour l'ASC d'élargir davantage ses travaux préparatoires en vue des futures décisions d'investissement. Cela pourrait se faire en mobilisant activement des entrepreneurs, d'autres agences spatiales et des intervenants clés dès le début du processus de préparation, et en collaborant avec eux pour discuter et planifier les prochaines séries de projets et d'activités. Comme l'a fait remarquer un répondant clé au cours d'une entrevue, la fin d'une réunion du Conseil ministériel marque le début du processus de planification de la prochaine. C'est au cours de ces premières étapes de planification que les partenariats sont étudiés et provisoirement établis pour paver la voie à de nouveaux projets. Il est donc essentiel que l'ASC et les membres du secteur spatial canadien participent activement à ces discussions, et que l'ASC fasse connaître l'orientation probable qu'elle suivra dans le cadre du PC-ESA.

Retour sur l'investissement global

Constatation : Le PC-ESA fournit au Canada un juste retour sur son investissement global dans l'ESA, comme en témoignent les résultats obtenus et les opportunités qui ne seraient pas offertes au secteur spatial canadien autrement.

Évaluer le degré selon lequel l'ASC et le gouvernement fédéral dans son ensemble obtiennent la juste part de leur investissement global dans le PC-ESA requiert un certain nombre de considérations :

- Coûts de gestion par l'ASC : Comme indiqué dans la section portant sur les ressources du programme (voir la page 7), les coûts de gestion engagés par l'ASC directement pour la gestion du PC-ESA ont varié entre 500 000 \$ et 600 000 \$ par année, ce qui représente de 1 % à 2 % de l'investissement total dans le programme.
- Frais généraux pour les programmes facultatifs et les activités obligatoires de l'ESA : Tous les investissements réalisés dans les programmes facultatifs et les activités obligatoires de l'ESA comprennent des frais généraux facturés par l'ESA pour la gestion de ces programmes et activités. Dans le cas des programmes facultatifs, ces frais généraux peuvent représenter entre 20 % et 30 % des investissements effectués par un État membre (ASC, 2015, p. 57). La portion restante de ces investissements devrait être retournée à chaque État membre participant par l'entremise des contrats accordés à son secteur spatial (avec un coefficient idéal de 1,00). Le Canada, comme mentionné précédemment, a réussi à atteindre le coefficient global visé.
- Pertinence stratégique des investissements : Bien qu'il soit prévu que le secteur spatial canadien bénéficie de tous les investissements effectués dans le cadre du PC-ESA, les investissements dans les programmes facultatifs ont tendance à être plus pertinents que ceux qui sont destinés aux activités obligatoires comprises dans la contribution au budget général de l'ESA. Il faut toutefois souligner que les montants alloués aux activités obligatoires devraient aussi profiter au secteur spatial canadien, non seulement sous la forme d'octroi de contrats, mais aussi sous la forme d'activités complémentaires offertes par l'ESA, comme des initiatives gratuites pour les étudiants (cours, conférences et symposiums, ou l'académie de l'ESA), la présence d'un responsable national pour le Canada, ou d'autres activités comme le *Global Space Markets Challenge*.

Au moment de l'évaluation, les données accessibles ne permettaient pas de mesurer de façon systématique le retour sur investissement associé au PC-ESA, notamment en ce qui concerne le ratio entre la valeur des contrats reçus par le secteur spatial canadien et le montant total investi dans l'ESA. Comme mentionné précédemment, le retour géographique obtenu par le Canada est élevé, ce qui signifie un retour global élevé (correspondant généralement au coefficient idéal de 1,00) sur la portion des programmes facultatifs ou des activités obligatoires qui est donnée en contrats. Toutefois, il est difficile de mesurer avec précision la quantité de ressources investies par le Canada dans l'ESA qui ne seront pas données en contrats. Les données rendues accessibles par l'ESA offrent au mieux une estimation brute, mais il est clair que ces frais généraux sont importants. Ces estimations ont été utilisées lors des évaluations antérieures du PC-ESA pour donner une idée du retour global sur l'investissement. Elles étaient toutefois fondées sur des points de données qui n'étaient pas directement corrélés, ce qui a soulevé des préoccupations légitimes quant à la

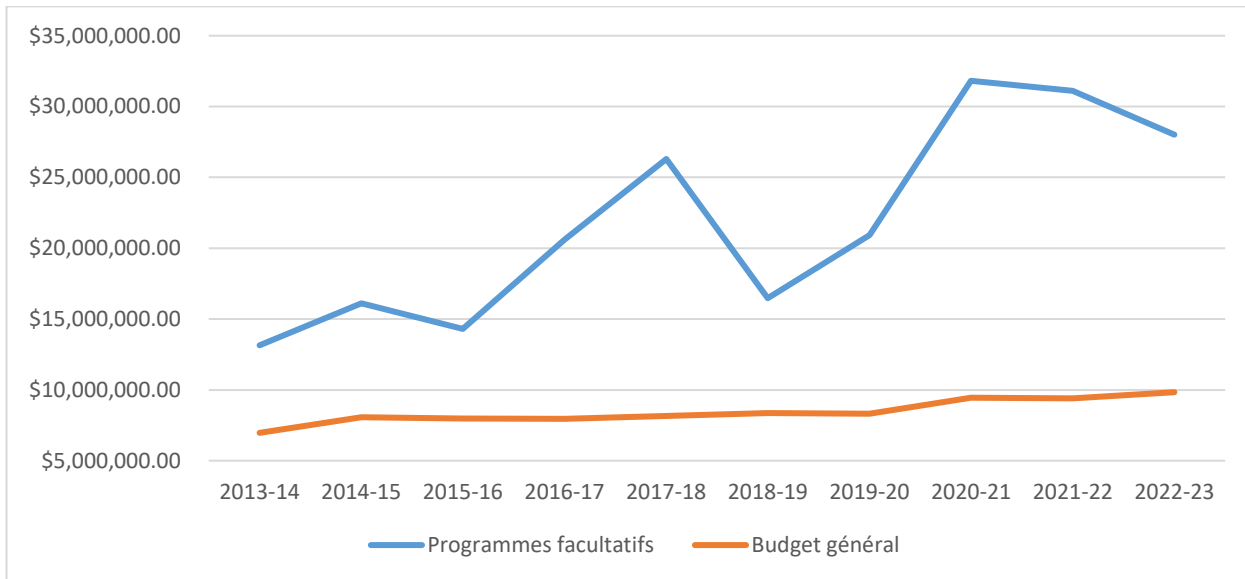
valeur réelle du coefficient obtenu. Il convient aussi de noter que chaque État membre participant à l'ESA fait face à ce défi.

Cette limite, quoique importante, doit être adéquatement mise en contexte puisque les bénéfices obtenus par le Canada grâce à sa participation à l'ESA vont au-delà de la valeur des contrats obtenus par le secteur spatial canadien. Comme mentionné précédemment, la participation active du Canada à l'élaboration et à la mise en œuvre du programme spatial européen a eu des avantages importants pour l'ASC et l'ensemble du secteur spatial canadien, dont l'établissement de partenariats et de collaborations qui n'auraient pas été possibles autrement.

Ainsi, les résultats de l'évaluation mettent en lumière deux importants facteurs à considérer pour maximiser l'efficacité du PC-ESA. Premièrement, le Canada doit veiller à ce que son investissement dans l'ESA demeure largement axé sur les programmes facultatifs, puisqu'ils offrent les plus grands avantages au secteur spatial canadien. En utilisant la parité du pouvoir d'achat en dollars américains (sans tenir compte des fluctuations du taux de change et de l'inflation), la figure 10 illustre la répartition des dépenses du PC-ESA entre le budget général et les programmes facultatifs sur une période de dix ans se terminant en 2022-2023. Les données confirment que la portion des dépenses totales du Canada dans le PC-ESA qui est affectée au budget général de l'ESA a diminué au fil des années, passant de 35 % en 2013-2014 à 26 % en 2022-2023, mais surtout que le montant affecté aux programmes facultatifs a été réduit au cours des dernières années en raison de la fin de certains investissements uniques majeurs.

Deuxièmement, le Canada doit maximiser les avantages offerts par les diverses activités financées dans le cadre du budget général de l'ESA, notamment en ce qui concerne les étudiants et entreprises canadiennes émergentes qui s'intéressent au secteur spatial. Bien que la participation à ces activités se soit améliorée, l'évaluation constate que d'autres mesures pourraient être envisagées pour maximiser pleinement les bénéfices de celles-ci.

Figure 10. Répartition des investissements dans le PC-ESA de 2012-2013 à 2021-2022, entre le budget général et les programmes facultatifs (parité du pouvoir d'achat en dollars américains); sources : données financières fournies par l'ASC; OCDE, 2023



4. Conclusion

La présente section conclut l'évaluation du PC-ESA par une synthèse des principales réflexions qui découlent des constats, et elle inclut les recommandations formulées à l'ASC sur la base de ces réflexions.

Pertinence du programme

Avec un secteur spatial qui dépend des marchés d'exportation et un marché spatial national relativement restreint, le Canada a bénéficié de son implication dans l'ESA par le passé. Les organisations canadiennes ayant participé aux missions et aux activités de l'ESA apprécient les possibilités offertes pour accroître le niveau de maturité des nouvelles technologies, développer de nouveaux produits et services, et établir de nouveaux partenariats avec des partenaires européens. La participation à l'ESA confère également une crédibilité qui peut, à son tour, ouvrir des opportunités dans d'autres marchés internationaux. Le programme répond également aux besoins des chercheurs et des scientifiques canadiens en leur offrant un éventail de collaborations et de partenariats liés aux sciences spatiales. Enfin, la participation du Canada à l'ESA permet d'obtenir des renseignements clés sur les objectifs et les besoins émergents de l'ESA, ce qui vient appuyer directement la planification stratégique de l'ASC.

L'évaluation a permis d'identifier certains facteurs qui pourraient avoir une incidence sur la pertinence du PC-ESA. Premièrement, le programme spatial canadien a évolué depuis la conclusion de l'Accord Canada-ESA et il serait donc bénéfique de réévaluer les orientations stratégiques, les objectifs et le positionnement général du PC-ESA par rapport à l'orientation future de l'ASC. Deuxièmement, même si le financement alloué au PC-ESA a connu quelques augmentations au cours de la période visée par la présente évaluation, le budget global du programme est demeuré en grande partie stable au cours des 20 dernières années, alors que les coûts des missions et des activités spatiales ont considérablement augmenté. La possibilité de prendre part au développement de technologies plus avancées serait réduite dans l'éventualité où les fonds seraient trop limités au niveau des projets individuels, ce qui pourrait ensuite obliger des entrepreneurs principaux à simplement acheter des produits déjà prêts auprès d'entreprises canadiennes.

Les paramètres budgétaires déterminent également l'éventail de programmes facultatifs auxquels le Canada peut souscrire. Le Canada a orienté ses investissements dans l'observation de la Terre, l'exploration spatiale et les télécommunications, ce qui reflète effectivement les points forts du secteur spatial canadien. Considérant que de nouveaux programmes sont mis en œuvre par l'ESA, notamment pour soutenir la commercialisation, les limitations budgétaires peuvent restreindre la capacité des organisations spatiales canadiennes à bénéficier de ceux-ci.

Efficacité du programme

Au cours de la période visée par l'évaluation, le secteur spatial canadien a continué de participer activement à un éventail de missions et d'activités de l'ESA. 125 contrats, d'une valeur totale de près de 60 millions d'euros, ont été signés au cours des quatre premières années de la période visée. Au total, 44 entreprises canadiennes, 13 universités, 3 organisations de recherche et 1 ministère fédéral ont collaboré avec l'ESA.

Les membres du secteur spatial canadien ont confirmé que les avantages attendus du PC-ESA se sont concrétisés, car de nouvelles technologies ont été mises au point, l'accès à de nouveaux marchés a été facilité, et une grande variété de collaborations et de partenariats fructueux ont été établis.

Le secteur a continué de saisir avec succès les opportunités offertes par l'ESA, comme en témoigne le coefficient de retour élevé que le Canada continue d'obtenir sur les programmes facultatifs.

Efficiences du programme

Le PC-ESA est un programme mature qui repose sur une solide collaboration entre l'ESA et l'ASC. Les représentants du secteur spatial canadien accordent une grande valeur au soutien continu offert par les représentants de l'ASC et de l'ESA.

Pour soutenir davantage un accès efficient et équitable au PC-ESA, l'évaluation constate qu'il serait bénéfique de mener des activités de sensibilisation pour mieux faire connaître le programme et les marchés de l'ESA, ainsi que les options disponibles dans le cadre du PC-ESA pour y prendre part. L'ASC a déjà mis en œuvre de telles activités, et il serait avantageux de les poursuivre de façon plus soutenue.

L'ASC aurait également avantage à mobiliser le secteur spatial canadien plus tôt dans la planification et la coordination des réunions du Conseil ministériel de l'ESA. Les divers États membres et leurs secteurs spatiaux respectifs étudient les possibilités de partenariat et de collaboration. Le Canada doit s'impliquer dès le départ pour s'assurer que les occasions intéressantes puissent être envisagées en temps opportun.

Bien qu'il soit difficile de mesurer le retour sur investissement exact en raison de la disponibilité restreinte des données, l'évaluation constate que le Canada obtient un juste retour sur son investissement global dans le PC-ESA, ce qui fournit des opportunités au secteur spatial canadien qui ne seraient pas accessibles autrement.

Recommandations

Sur la base de ces conclusions, l'évaluation recommande les actions suivantes :

Recommandation 1 : L'ASC devrait réviser les orientations stratégiques du PC-ESA.

Recommandation 2 : L'ASC, en collaboration avec l'ESA, devrait élargir ses activités visant à promouvoir et faire connaître les opportunités offertes dans le cadre du PC-ESA aux membres actuels et potentiels du secteur spatial canadien.

Recommandation 3 : L'ASC devrait impliquer le secteur spatial canadien plus tôt et plus activement dans la planification et la coordination des réunions du Conseil ministériel de l'ESA, par le biais de consultations et de discussions directes, afin de maximiser les opportunités de collaboration avec les partenaires européens.

Réponse de la gestion et plan d'action

RECOMMANDATIONS	DIRECTION GÉNÉRALE RESPONSABLE	RÉPONSE DE LA GESTION	PLAN D'ACTION	ÉCHÉANCE
RECOMMANDATION 1				
L'ASC devrait réviser les orientations stratégiques du PC-ESA.	Directeur général, Sciences et technologies spatiales, en collaboration avec la Directrice générale, Politiques.	La haute direction accepte la recommandation.	L'équipe du PC-ESA préparera et mettra en œuvre un plan pour l'examen des orientations stratégiques du programme et formulera des recommandations avant la sélection des programmes facultatifs de l'ESA pour la réunion du Conseil ministériel de l'ESA de 2025.	31 décembre 2024
RECOMMANDATION 2				
L'ASC, en collaboration avec l'ESA, devrait élargir ses activités visant à promouvoir et faire connaître les opportunités offertes dans le cadre du PC-ESA aux membres actuels et potentiels du secteur spatial canadien.	Directeur général, Sciences et technologies spatiales, et Directrice, Gestion du développement technologique.	La haute direction accepte la recommandation.	L'équipe du PC-ESA préparera une stratégie de communication pour accroître la promotion et faire connaître davantage le programme, à la fois au sein du secteur spatial canadien qu'auprès de potentiels bénéficiaires dans d'autres domaines.	31 mai 2024

RECOMMANDATIONS	DIRECTION GÉNÉRALE RESPONSABLE	RÉPONSE DE LA GESTION	PLAN D'ACTION	ÉCHÉANCE
<p>RECOMMANDATION 3</p> <p>L'ASC devrait impliquer le secteur spatial canadien plus tôt et plus activement dans la planification et la coordination des réunions du Conseil ministériel de l'ESA, par le biais de consultations et de discussions directes, afin de maximiser les opportunités de collaboration avec les partenaires européens.</p>	<p>Directeur général, Sciences et technologies spatiales, et Directrice, Gestion du développement technologique.</p>	<p>La haute direction accepte la recommandation.</p>	<p>Dans la stratégie de communication proposée à la recommandation 2, l'équipe du PC-ESA intégrera des occasions d'impliquer et d'informer le secteur spatial canadien avant la réunion du Conseil ministériel de 2025.</p>	<p>31 mai 2024</p>

RÉFÉRENCES

- ASC. (2010). Évaluation sommative de l'Accord de coopération Canada-ESA 2000-2009.
- ASC. (2015). *Évaluation du Programme d'accès aux marchés internationaux de l'Agence spatiale canadienne*. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/13a8ed5c-7774-44f5-a415-5e270d03b504>
- ASC. (2018). *Évaluation du Programme de contribution à l'Agence spatiale européenne par l'Agence spatiale canadienne*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/re-1718-0203.asp>
- ASC. (2019a). *Accord de coopération Canada – Agence spatiale européenne*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/programmes-financement/canada-esa/a-propos-accord-cooperation.asp>
- ASC. (2019b). *Surveiller nos forêts depuis l'espace*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/blogue/2019/02/12/surveiller-nos-forets-depuis-espace.asp>
- ASC. (2020a). *Rapport sur les résultats ministériels 2018-2019 - Tableaux de renseignements supplémentaires*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/rrm-2018-2019-tableaux.asp>
- ASC. (2020b). *Opportunités offertes par l'Agence spatiale européenne (ESA)*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/programmes-financement/canada-esa/opportunités-secteur-spatial-canadien.asp>
- ASC. (2022a). *Plan ministériel 2022-2023*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/pm-2022-2023.asp#renseignements-connexes>
- ASC. (2022b). *Contribution du Canada au télescope spatial James Webb*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/jwst/contribution.asp>
- ASC. (2023a). *État du secteur spatial canadien – Rapport 2021 et 2022*. <https://www.asc-csa.gc.ca/pdf/fra/publications/2021-2022-etat-secteur-spatial-canadien-faits-chiffres-2020-et-2021-v2.pdf>
- ASC. (2023b). *Résumé de la réunion ministérielle 2022 de l'Agence spatiale européenne (ESA) Pour le secteur spatial canadien*.
- ESA. (2013). *ESA budget 2013*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2014/01/ESA_budget_2013
- ESA. (2014). *ESA budget 2014*
https://www.esa.int/Newsroom/Highlights/ESA_budget_2014
- ESA. (2015). *ESA budget 2015*
https://www.esa.int/Newsroom/Highlights/ESA_budget_2015
- ESA. (2016). *ESA budget 2016*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2016/01/ESA_budget_2016

- ESA. (2017). *ESA budget 2017*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/01/ESA_budget_2017
- ESA. (2018). *Swarm trio becomes a quartet*.
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm/Swarm_trio_becomes_a_quartet
- ESA. (2018a). *ESA budget 2018*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/01/ESA_budget_2018
- ESA. (2019). *ESA budget 2019*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/01/ESA_Budget_2019
- ESA. (2020). *ESA budget 2020*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/01/ESA_budget_2022
- ESA. (2021). *ESA announces winners of the Global Space Markets Challenge*. <https://space-economy.esa.int/article/115/esa-announces-winners-of-the-global-space-markets-challenge>
- ESA. (2021a). *ESA budget 2021*
https://www.esa.int/Newsroom/ESA_budget_2021
- ESA. (2021b). *Canada Country Desk Officers (CDO) & Observatory of Country Capabilities (OCC)*
- ESA. (2022a). *ESA Annual Report 2021*.
https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/ESA_2021_Annual_Report.pdf
- ESA. (2022b). *Ministers back ESA's bold ambitions for space with record 17% rise*.
https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Ministers_back_ESA_s_bold_ambitions_for_space_with_record_17_rise
- ESA. (2022c). *ScaleUp*. <https://vision.esa.int/scaleup/>
- ESA. (2022d). *European Space Agency Council Declaration on the European Exploration Envelope Programme (E3P)*.
- ESA. (2022e). *ESA budget 2022*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/01/ESA_budget_2022
- ESA. (2023a). *Geographical Return Statistics: Status at end 31/03/2023*.
- ESA. (2023b). *About ESA technology programmes*.
https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/About_ESA_technology_programmes

- ESA. (2023c). *Biomass: ESA's Forest Mission*.
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Biomass
- ESA. (2023d). *ESA, an intergovernmental customer*.
https://www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/Business_Opportunities/ESA_an_intergovernmental_customer
- ESA. (2023e). *ESA budget by domain for 2023*.
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2023/01/ESA_budget_by_domain_2023
- ESA. (2023f). *ESA Business Incubation Centres*. <https://commercialisation.esa.int/esa-business-incubation-centres/>
- ESA. (2023g). *Global Space Markets Challenge*. <https://space-economy.esa.int/global-space-markets-challenge>
- ESA. (2023h). *Industrial policy and geographical distribution*.
https://www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/How_to_do/Industrial_policy_and_geographical_distribution
- ESA. (2023i). *Living Planet Fellowship*. <https://eo4society.esa.int/communities/scientists/living-planet-fellowship/>
- ESA. (2023j). *Member States & Cooperating States*.
https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Member_States_Cooperating_States
- ESA. (2023k). *NAVISP: Advancing Positioning Navigation and Timing Solutions*. <https://navisp.esa.int/>
- ESA. (2023l). *SWARM: ESA's magnetic field mission*.
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm
- ESA. (2023m). *The ESA Procurement Process*.
https://www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/How_to_do/The_ESA_Procurement_Process
- ESA. (2023n). *ESA budget 2023*
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2023/01/ESA_budget_2023
- Euroconsult. (2022) *Government Space Programs: Benchmarks, Profiles and Forecasts to 2031 December 2022, 22nd Edition*
- Foust, J. (2022, November 23). *ESA secures 16.9 billion euros at ministerial*. *Space News*.
<https://spacenews.com/esa-secures-16-9-billion-euros-at-ministerial/>
- Gouvernement du Canada. (2019a). *Exploration, imagination, innovation : Une nouvelle stratégie spatiale pour le Canada*. <https://www.asc-csa.gc.ca/pdf/fra/publications/strategie-spatiale-pour-le-canada.pdf>

- Gouvernement du Canada. (2019b). *Traité - F105577*. <https://www.treaty-accord.gc.ca/text-texte.aspx?id=105577&Lang=fra>
- Gouvernement du Canada. (2021). *Secteur spatial canadien*. <https://ised-isde.canada.ca/site/secteur-spatial-canadien/fr>
- Gouvernement du Canada. (2023a). *InfoBase du GC - ensembles des données ouvertes - Plans Ministériels et Rapports sur les résultats ministériels – Dépenses et équivalents temps plein (ETP) par programme et par organisation*. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a35cf382-690c-4221-a971-cf0fd189a46f/resource/64774bc1-c90a-4ae2-a3ac-d9b50673a895>
- Gouvernement du Canada. (2023b). *Développement de la capacité spatiale*. <https://www.tbs-sct.canada.ca/ems-sgd/edb-bdd/index-fra.html#infographic/program/CSA-BLM03/intro>
- OCDE. (2020). *Répercussions du COVID 19 sur le secteur spatial*. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/repercussions-du-covid-19-sur-le-secteur-spatial-d9b2843e/>
- OCDE. (2023). *Parités de pouvoir d'achat*. <https://data.oecd.org/fr/conversion/parites-de-pouvoir-d-achat-ppa.htm>
- Official Inflation Data, Alioth Finance. (2023, June). *Canada Inflation Calculator: CAD from 1915 to 2023*. <https://www.officialdata.org/Canada-inflation>
- Rx Networks. (2022). *Rx Networks offers meter-level location accuracy for mobile phones in collaboration with Qualcomm in China and across the Globe*. <https://rxnetworks.com/press-releases/rx-networks-offers-meter-level-location-accuracy-for-mobile-phones-in-collaboration>

ANNEXES

Annexe A – Méthodologie

Approche générale

S'appuyant sur les précédentes évaluations du PC-ESA (CSA, 2010, 2015, 2018), la présente évaluation s'est penchée sur la pertinence, l'efficacité et l'efficience du programme. Elle comprenait notamment une analyse du degré selon lequel les résultats attendus du programme (illustrés dans le modèle logique présenté à l'annexe B) ont été réalisés. Ce faisant, l'évaluation a tenu compte du contexte général dans lequel l'ASC et l'ESA évoluent, y compris les changements dans le secteur spatial, les besoins émergents liés aux priorités de mission, et l'harmonisation du programme avec d'autres activités menées par l'ASC.

Comme ce fut le cas dans les évaluations antérieures du PC-ESA, l'objectif de la présente évaluation était d'évaluer le programme de l'ASC et non l'ESA dans son ensemble. Ainsi, les recommandations de l'évaluation s'adressent à l'ASC, et non à l'ESA.

Les paragraphes suivants décrivent chacune des méthodes utilisées pour aborder les questions d'évaluation.

Examen des documents, du rendement et des données financières

Un examen des données pertinentes concernant l'administration, les finances et le rendement a été effectué. L'examen des documents a porté à la fois sur des renseignements accessibles au public et sur des renseignements sur le programme fournis par l'ASC, ainsi que sur des documents fournis par d'autres intervenants interrogés dans le cadre de l'évaluation.

D'autres sources d'information, comme des données sur le rendement de l'ESA fournies à l'ASC, ont servi à éclairer davantage les réflexions sur le PC-ESA.

Entrevues auprès d'informateurs clés et études de cas

Les entrevues auprès d'informateurs clés ont contribué à acquérir une compréhension approfondie des activités du PC-ESA, y compris les résultats obtenus et les difficultés rencontrées par les principaux intervenants. Ces entrevues ont également permis de corroborer, d'expliquer ou d'approfondir les constatations tirées d'autres sources de données. Au total, 52 personnes ont été consultées dans le cadre de 43 entrevues (comprenant des entrevues individuelles et des entrevues de groupe). Le tableau suivant présente la répartition des entrevues par catégorie de répondants.

Répartition des entrevues réalisées dans le cadre de l'évaluation du PC-ESA

Groupes de répondants clés	Nombre d'entrevues	Nombre de personnes
Représentants de l'ASC	15	20
Représentants de l'industrie	15	17
Représentants de l'ESA	4	6
Milieu universitaire	9	9
Total	43	52

Les entrevues comprenaient, selon la pertinence, des questions portant spécifiquement sur les études de cas réalisées dans le cadre de la présente évaluation. Les activités et missions qui ont fait l'objet de ces études de cas ont été choisies de manière à couvrir une variété d'expériences et de résultats, en fonction de divers critères, comme le type d'activité ou de programme facultatif par lequel ils ont été financés, les partenaires canadiens qui y ont participé, et la période durant laquelle la mise en œuvre a été réalisée.

Limitations

L'évaluation n'a rencontré aucune difficulté majeure ayant limité sa capacité à répondre adéquatement aux questions d'évaluation établies. Néanmoins, certaines limites doivent être prises en considération. Elles sont décrites dans la présente sous-section avec les stratégies d'atténuation.

Répartition des rôles et des responsabilités

Une caractéristique unique du PC-ESA est le fait qu'en pratique, l'exécution des activités auxquelles le Canada participe est en grande partie la responsabilité de l'ESA. Par conséquent, celle-ci détermine également la portée, le format et la fréquence des activités de production de rapports, qui ne sont pas toujours en phase avec l'approche normalisée de l'ASC. Par exemple, l'exercice financier de l'ESA correspond à l'année civile plutôt qu'au cycle du 1^{er} avril au 31 mars utilisé au gouvernement fédéral.

Le rapprochement des données a été fait dans la mesure du possible, ou la différence a été directement notée. Dans l'ensemble, cette limite n'a pas eu d'incidence importante sur la mesure dans laquelle les données sur le rendement provenant de l'ESA ont pu servir à l'évaluation du PC-ESA.

Exigences en matière de rapports

Qu'ils agissent à titre d'entrepreneur principal ou de sous-traitants, les membres du secteur spatial canadien communiquent directement avec l'ESA ou avec un entrepreneur principal, le cas échéant. Les projets ne sont donc pas gérés par l'ASC, qui, selon la nature de ces projets (programmes facultatifs ou activités obligatoires), recueille peu de données qui leur sont propres.

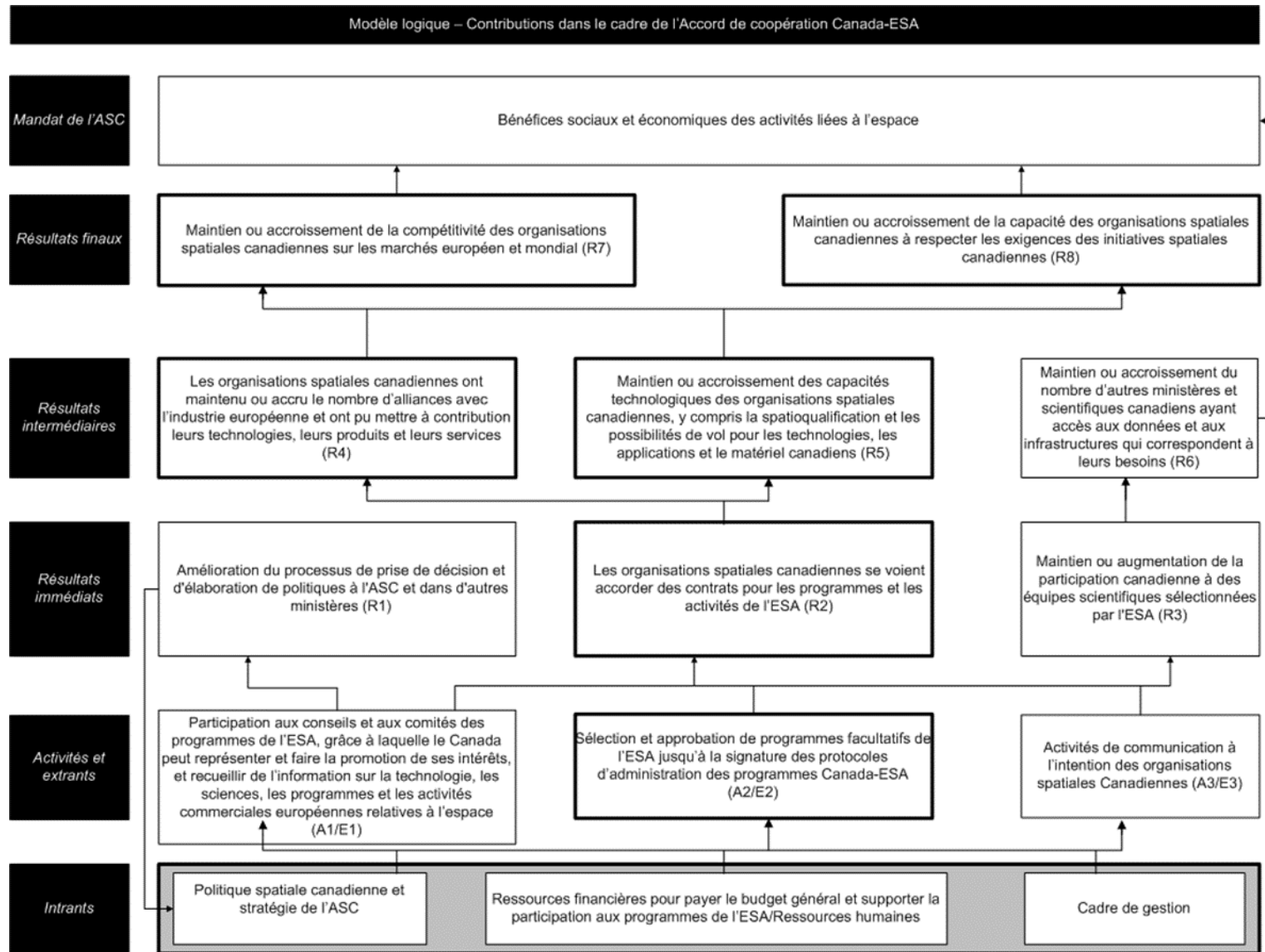
Par conséquent, les données propres aux projets, de même que leur incidence, ont été en grande partie obtenues dans le cadre des entrevues menées pour la présente évaluation ou, le cas échéant, dans le cadre du sondage auprès des chercheurs principaux mené par l'ASC de façon cyclique.

Portée des connaissances

En raison de l'ampleur des missions et des programmes de l'ESA, l'expérience des informateurs clés était souvent ciblée et spécifique, plutôt que générale, selon les projets auxquels ils ont participé. De même, les représentants de l'ESA collaborent avec le secteur spatial respectif de tous les États membres, et ne peuvent donc offrir qu'un aperçu de la participation canadienne et non une vue d'ensemble. Seuls les représentants de l'ASC pouvaient offrir une perspective plus globale du PC-ESA, mais pas des activités propres aux projets de façon systématique.

Cette situation avait été anticipée au moment de débiter l'évaluation. Par conséquent, les entrevues ont été structurées de manière à ce que chaque groupe d'informateurs clés traite de questions propres à la nature de sa participation à l'ESA ou au PC-ESA, et les autres sources de données ont servi à dresser le portrait global décrit dans le présent rapport.

Annexe B – Modèle logique du PC-ESA



Annexe C – Études de cas

Étude de cas – SWARM

Description de la mission SWARM	
Aperçu du projet	<p>SWARM est la première mission de constellation de l'ESA réalisée avec l'enveloppe d'observation de la Terre (OT). L'objectif général de la mission SWARM est de produire, avec un maximum de précision, un relevé du champ géomagnétique et de son évolution, afin d'acquérir une nouvelle compréhension du système terrestre grâce à une connaissance approfondie de l'intérieur de la Terre et du climat. La mission comporte quatre satellites. Trois d'entre eux sont identiques (Alpha, Bravo et Charlie) et effectuent des opérations scientifiques à partir de la basse orbite terrestre, notamment des mesures de hautes précision et résolution de la force du champ magnétique, et des mesures de haute résolution spatiale et temporelle du vecteur du champ magnétique. Le quatrième satellite (Echo) fournit quant à lui des données sur la météo spatiale afin d'enrichir les données recueillies par SWARM.</p> <p>Chaque satellite est équipé d'un ensemble d'instruments. L'instrument de mesure des champs électriques (EFI) est l'une des contributions canadiennes majeures à cette mission. Le but de l'EFI est de mesurer la densité et la température des électrons dans l'ionosphère ainsi que la vitesse de dérive et la température des ions. L'EFI est crucial pour la mission SWARM, car il mesure le champ électrique le long de l'orbite, une information essentielle pour l'étude du champ magnétique terrestre et de la météo spatiale. L'entreprise COM DEV International (maintenant Honeywell Aerospace) a obtenu le contrat pour la construction de l'EFI, qui consiste en deux instruments, à savoir la sonde Langmuir et l'imageur d'ions suprathermiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sonde Langmuir mesure la densité et la température des électrons dans l'ionosphère. Elle est cruciale pour l'étude du champ magnétique de la Terre et de la météo spatiale, car elle fournit des données précieuses sur les caractéristiques électromagnétiques du plasma. • L'imageur d'ions suprathermiques mesure la vitesse de dérive et la température des ions, produisant des données précieuses sur l'énergie et la direction d'arrivée des ions, ce qui est également essentiel pour l'étude du champ magnétique terrestre et de la météo spatiale. <p>Le satellite Echo est une autre contribution canadienne à cette mission. Il provient de la mission de sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP) du projet CASSIOPE, financé par l'ASC. L'ESA a remarqué qu'il y avait de nombreuses similitudes entre les missions ePOP et SWARM, et que MDA (le responsable industriel pour ePOP) avait fait ses preuves sur les plans de la conception de la plateforme, des</p>

Description de la mission SWARM	
	<p>capacités élevées (transfert de données et régulation de l'altitude), et du fonctionnement sur une orbite complémentaire à celle de SWARM. Par conséquent, l'ESA a retenu les services de MDA pour exploiter le satellite et fournir des données scientifiques jusqu'à la fin de 2021. L'ESA a fourni du financement dans le cadre de son programme de mission de tierce partie, qui aide à financer les missions nationales après l'arrêt de la participation et du financement nationaux.</p> <p>Les autres partenaires industriels sont notamment Magellan Aerospace (Winnipeg, Manitoba), ainsi que d'autres entreprises des États-Unis et du Japon. En travaillant ensemble, les missions SWARM et ePOP produisent des données qui améliorent l'exactitude du produit de mesure du champ magnétique et l'utilité des magnétomètres pour certaines applications.</p>
Historique du projet	<p>La mission SWARM a fait l'objet d'une première proposition en 1998, et elle a été sélectionnée par l'ESA pour des études de faisabilité en 2002. La proposition initiale portait sur une constellation de 4 engins spatiaux. Après deux études de faisabilité, la mission SWARM a été choisie comme cinquième mission dans le cadre du programme Earth Explorer de l'ESA en mai 2004. La phase A a été achevée en novembre 2005, avec pour résultat une constellation de 3 satellites. La phase B a été achevée à l'été 2007, et la construction de la constellation SWARM a commencé en novembre 2007.</p> <p>La constellation était prête à être lancée en 2012, mais en raison de problèmes techniques avec la fusée, le lancement a été reporté à novembre 2013. C'est aussi en 2013 que le quatrième satellite, Echo, a été ajouté à la constellation. Après une phase de mise en service de trois mois, la constellation est entrée dans la phase principale de sa mission de quatre ans, qui s'est terminée en février 2018. En novembre 2017, le conseil du programme Earth Explorer de l'ESA a accordé une prolongation de quatre ans jusqu'en 2021, puis, en mars 2023, une autre prolongation a été approuvée, cette fois jusqu'en 2025.</p>
Renseignements sur les bénéficiaires	<p>Outils/équipement/instruments</p> <p>Les trois premiers satellites SWARM sont équipés d'un ensemble de six instruments :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Magnétomètre vectoriel</i> : mesure le vecteur de champ magnétique avec une précision et une résolution élevées. • <i>Magnétomètre scalaire absolu</i> : mesure l'intensité du champ magnétique. • <i>Instrument de mesure du champ électrique (EFI)</i> : mesure le champ électrique dans l'atmosphère. • <i>Accéléromètre</i> : mesure les forces non gravitationnelles agissant sur le satellite.

Description de la mission SWARM	
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Caméra stellaire</i> : fournit des données sur le comportement du satellite. • <i>Réflecteur de télémétrie laser</i> : sert à la détermination précise de l'orbite. <p>Le satellite Echo est équipé d'un ensemble de 8 instruments, y compris des capteurs imageurs de plasma et de particules neutres, des magnétomètres, des récepteurs du système mondial de localisation (GPS) à double fréquence, des caméras à dispositif à couplage de charge (CCD), un récepteur d'ondes radio et un émetteur de balise.</p> <p>Personnes impliquées</p> <p>Il y a de nombreux instruments à bord de la constellation, et chacun met à contribution divers intervenants. L'EFI est le premier instrument de science spatiale fourni par le Canada et financé par l'ESA. Il a été élaboré par un consortium dirigé par COM DEV (maintenant Honeywell), qui a signé un contrat directement avec l'ESA en 2006-2007. David Knudsen, Ph. D., de l'Université de Calgary, est le scientifique principal pour l'EFI depuis 2004 et le chercheur principal pour l'imageur d'électrons suprathermique ePOP. M. Knudsen et son équipe ont dirigé la planification des opérations et le traitement des données, et ont contribué à l'organisation d'une communauté scientifique internationale pour leur exploitation. L'appui de l'ASC a été un facteur important dans la décision d'attribuer le contrat aux scientifiques et à l'industrie du Canada. Des travaux de l'Université de l'Alberta et de l'Université de la Saskatchewan figurent parmi les autres contributions canadiennes à la mission SWARM au fil des ans, sous la direction de l'entrepreneur principal.</p>
Valeur de la contribution	Le contrat initial de l'ESA était évalué à 16 millions de dollars canadiens. Depuis, l'ESA a versé au moins 5 millions de dollars de plus au projet. L'ASC a consacré plus de 2 millions de dollars en appui aux activités de recherche scientifique exploitant les données de l'EFI.
Résultats	<p>La mission SWARM a jusqu'à présent connu un grand succès. Du point de vue de l'ingénierie, les instruments conçus pour la mission ont bien fonctionné, ont assuré une surveillance générale continue du champ magnétique terrestre et de tout changement connexe, et ont dépassé leur durée de vie prévue.</p> <p>Du point de vue scientifique, SWARM a produit des données de grande qualité et facilement utilisables qui ont permis de faire progresser les connaissances sur la géomatique et l'environnement spatial. La mission a également produit ce qui, aux dires de l'ESA, est le meilleur relevé jamais effectué du champ géomagnétique et de son évolution, et a permis d'acquérir une compréhension approfondie de la variabilité du plasma ionosphérique. En plus de permettre aux scientifiques d'acquérir une meilleure compréhension de l'influence de la météorologie spatiale sur la Terre, la</p>

Description de la mission SWARM	
	<p>mission a mené à une mesure plus complète du climat spatial. Du point de vue des universités, la participation à cette mission a été à l'origine d'un grand nombre de résultats scientifiques, de publications, de collaborations, de bourses postdoctorales et d'études.</p> <p>Dans l'ensemble, la mission SWARM a été un succès en raison des recherches révolutionnaires, d'une technologie novatrice et du potentiel qu'elle a de révolutionner la science. La mission a été prolongée jusqu'en 2025, ce qui indique qu'elle a atteint ses objectifs et qu'elle continue de produire des données précieuses.</p> <p>Trois principaux facteurs ont contribué à la réussite de la mission :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puisque les satellites fonctionnent en constellation, la Terre peut être observée simultanément dans des conditions d'éclairage différentes (p. ex., du côté du soleil ou dans l'obscurité). • Comme deux des satellites volent très près l'un de l'autre et prennent des mesures très similaires, les chercheurs sont mieux en mesure de voir les différences à petite échelle dans les phénomènes observés. • La qualité de la technologie utilisée sur les satellites dépasse de loin les autres technologies actuellement en service dont les objectifs scientifiques sont similaires.
Autres résultats	<p>COM DEV (maintenant Honeywell) a grandement profité de cette mission. L'expérience de vol acquise grâce à cette mission a mené à de nombreux contrats subséquents. Par exemple, l'entreprise a signé un contrat avec JAXA pour un radar profileur de nuages, et elle participe au projet EW ALTIUS pour soutenir la participation de l'Université de la Saskatchewan dans les domaines de l'extraction et du traitement des données sur l'ozone. L'entreprise est également en pourparlers avec la NASA pour mettre au point un instrument semblable à l'imageur d'ions thermiques de SWARM. Le travail soutenu découlant de la mission SWARM a permis à COM DEV (maintenant Honeywell) de maintenir à son emploi des scientifiques hautement qualifiés, et ainsi d'établir dans l'entreprise une base technique plus solide que ce qui aurait été possible autrement.</p> <p>M. Knudsen est devenu un porte-parole mondial de la science de l'ionosphère, et le Canada est reconnu à l'échelle internationale comme un chef de file dans ce domaine.</p>
Sources : dossiers administratifs fournis par l'ASC, entrevues auprès d'informateurs clés et renseignements disponibles sur le Web.	

Étude de cas – *Global Space Markets Challenge*

Description du <i>Global Space Markets Challenge</i>	
Aperçu du projet	<p>En collaboration avec Eurisy, une association européenne sans but lucratif réunissant plus de 15 agences spatiales nationales et autres organisations connexes, l'ESA a créé le <i>Global Space Markets Challenge</i>, une compétition qui vise à accroître la visibilité et la portée des petites et moyennes entreprises (PME) prometteuses qui offrent des produits et services dans les secteurs spatiaux en amont et en aval (ESA, 2023f). Le concours a été créé après qu'un sondage ait révélé que la capacité d'accéder au marché d'exportation était un obstacle majeur à la croissance des PME dans le domaine spatial.</p> <p>Dans le cadre du premier concours tenu en 2021, l'ESA a invité les entreprises à soumettre des propositions de plans d'internationalisation et d'exportation. Les propositions ont été évaluées en fonction des critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mérite technique et crédibilité du produit ou du service; • Compréhension des marchés cibles et des possibles difficultés liées à l'internationalisation; • Caractère réalisable du plan de mise en œuvre; • Justesse et crédibilité des estimations de coûts, du calendrier et de la planification; • Équipe (compétences, ressources et expérience). <p>Douze finalistes (six du secteur en amont et six du secteur en aval) ont été invités à présenter leurs propositions aux délégués du groupe de travail sur l'évolution des politiques industrielles de l'ESA lors du Congrès international d'aéronautique (IAC). Six entreprises ont alors été sélectionnées (trois du secteur en amont et trois du secteur en aval), et l'ordre des gagnants a été déterminé par le directeur général de l'ESA. Les prix accordés étaient notamment les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Financement à l'appui des plans d'internationalisation; • Accès à un programme de mentorat, dans le cadre duquel l'ESA collabore avec les gagnants pour répondre à leurs besoins particuliers en lien avec leur plan d'internationalisation; • Possibilité d'assister, avec financement, à un événement tiers prestigieux et d'y faire une présentation.

Description du <i>Global Space Markets Challenge</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> • Les gagnants du secteur en amont se sont vus offrir un kiosque lors des « journées de l'industrie spatiale » (Industry Space Days) de l'ESA afin d'y présenter leur entreprise, leurs produits et leurs services. • Les gagnants du secteur en aval ont reçu une trousse de réalité virtuelle, qui permet à l'entreprise de présenter sa marque, ses produits et ses services dans le cadre d'une vidéo d'Eurisy, qui sera présentée en ligne et lors d'événements et de foires à portée internationale.
Historique du projet	Dans le cadre du concours thématique de 2021 axé sur le marché d'exportation, les PME participantes ont été invitées à présenter un plan d'internationalisation pour un de leurs produits ou services. Les finalistes ont été invités à faire une présentation lors du 72 ^e Congrès international d'astronautique (IAC), à Dubaï. La société canadienne A.U.G. Signals s'est classée troisième dans la catégorie en aval et a reçu 5 000 euros pour la mise en œuvre de son plan d'internationalisation.
Renseignements sur les bénéficiaires	<p><i>Personnes impliquées</i></p> <p>Le concours a été lancé par l'ESA en collaboration avec Eurisy. Il est parrainé et soutenu par plusieurs grands fonds européens de capital-risque axés sur l'espace, dont Seraphim Capital et Primo Space (ESA). En 2021, l'entreprise canadienne A.U.G. Signals a terminé troisième dans la catégorie en aval pour son travail d'évaluation des risques de maladies et de surveillance des cultures.</p>
Valeur de la contribution	Le concours est financé par le budget général de l'ESA.
Résultats	<p>Les résultats du concours sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La possibilité d'assister à l'IAC et d'y faire une présentation donne aux entreprises une visibilité sur la scène internationale et l'occasion de tisser des liens avec des partenaires, des clients ou des investisseurs potentiels du monde entier. Ce réseautage peut mener à de nouvelles occasions d'affaires et ouvrir l'accès aux marchés privés internationaux. • La participation à l'IAC permet aux entreprises de se faire connaître, ainsi que leurs activités et leurs technologies, auprès des chefs de file mondiaux de l'industrie et d'être informées de ce que l'ESA considère comme des technologies clés.

Description du <i>Global Space Markets Challenge</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> Le programme de mentorat donne aux entreprises l'occasion de tirer parti des connaissances, de la portée mondiale et de l'expérience de l'ESA. Par exemple, lors de l'IAC de Dubaï, l'ESA a offert aux participants une formation précieuse sur la commercialisation des technologies spatiales.
Autres résultats	<p>Dans l'ensemble, la participation au <i>Global Space Markets Challenge</i> appuie la croissance de l'industrie spatiale canadienne en offrant une visibilité et un soutien aux PME, ce qui permet de faire connaître les capacités et l'expertise du Canada dans le secteur et de renforcer la position de ce dernier sur le marché spatial mondial.</p> <p>A.U.G. Signals a eu l'occasion d'élargir son réseau et de se faire connaître auprès d'une vaste communauté d'entreprises à vocation spatiale et de sociétés d'investissement en capital de risque (ESA, 2021). Les représentants d'A.U.G. Signals ont témoigné de leur grande reconnaissance pour cette occasion d'entrer en relation avec des entreprises européennes et considèrent que l'expérience dans son ensemble a été précieuse pour tous les employés qui y ont participé. Ils ont exprimé leur intention de participer à nouveau à cette compétition lors des prochaines éditions.</p>
Sources : dossiers administratifs fournis par l'ASC, entrevues auprès d'informateurs clés et renseignements disponibles sur le Web.	

Étude de cas – NAVISP

Description de la mission NAVISP	
Aperçu du projet	<p>Le programme d'innovation et de soutien dans le domaine de la navigation (NAVISP) de l'ESA appuie le développement de nouvelles technologies de positionnement, de navigation et de synchronisation (PNS) qui vont au-delà de l'utilisation exclusive des signaux et des données de navigation satellitaires (ESA, 2023j). Avec le développement continu de processus d'automatisation plus poussés, cette technologie joue un rôle essentiel. Les contrats du NAVISP sont attribués à des organisations qui proposent des concepts, des techniques, des technologies et des systèmes de PNS novateurs.</p> <p>Le programme NAVISP s'articule autour de trois éléments :</p> <p>Élément 1 – Innovation : Vise à élaborer des concepts, des techniques, des technologies et des systèmes novateurs liés aux PNS, tout au long de la chaîne de valeur.</p> <p>Élément 2 – Compétitivité : Vise à maintenir et à renforcer les capacités et la compétitivité de l'industrie des États participants sur le marché mondial de la navigation par satellite et des technologies et services de PNS.</p> <p>Élément 3 – Soutien aux États membres : Vise à soutenir les stratégies nationales relatives aux PNS par l'appui au développement et à la promotion de produits, d'applications et de services fondés sur le système mondial de navigation par satellite (GNSS) et, de façon plus générale, sur les systèmes de PNS, afin de favoriser la coopération nationale et internationale.</p>
Renseignements sur les bénéficiaires	<p>Outils/équipement/instruments</p> <p>Diverses nouvelles technologies et systèmes liés aux PNS pour compléter, remplacer et mettre à niveau les technologies actuelles.</p> <p>Personnes impliquées</p> <p>Avec le soutien du PC-ESA, l'entreprise canadienne RX Networks, une organisation spécialisée dans la technologie des services fondés sur la localisation, a créé la technologie High Accuracy Assistance Service (HAAS). L'objectif du projet est de mettre au point un service de correction infonuagique de haute précision pour les récepteurs du Système mondial de navigation par satellite (GNSS).</p>
Valeur de la contribution	<p>Le projet HAAS de RX Networks dans le cadre du NAVISP est estimé à environ 546 000 euros (824 620 dollars canadiens).</p>

Description de la mission NAVISP	
Historique du projet	Le projet a obtenu un financement initial en 2018 et un financement supplémentaire en 2021.
Résultats	<p>Les résultats du projet sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Justesse et fiabilité accrues du positionnement au moyen du GNSS pour diverses applications, permettant d'améliorer la précision et le rendement de la localisation au profit des utilisateurs qui comptent sur le GNSS pour la navigation, le suivi et d'autres services fondés sur la localisation. • Nouvelles possibilités d'applications et de services ainsi qu'élargissement de l'éventail des utilisations possibles dans le domaine de la navigation; par exemple, la navigation pas à pas pour les véhicules, le suivi des biens de grande valeur ou les récepteurs de haute précision utilisés en agriculture pour les tracteurs autonomes et les relevés.
Autres résultats	RX Networks, une petite PME, a pu accélérer le développement de ses solutions de haute précision, ce qui a mené à la création de partenariats avec des entreprises établies en Europe et dans d'autres marchés étrangers, dont une collaboration avec Qualcomm visant l'intégration du système de positionnement au mètre près de RX Networks dans de téléphones mobiles, annoncée en octobre 2022 (Rx Networks, 2022).
Sources : dossiers administratifs fournis par l'ASC, entrevues auprès d'informateurs clés et renseignements disponibles sur le Web.	

<https://insidegnss.com/rx-networks-offers-meter-level-location-accuracy-for-mobile-phones-in-collaboration-with-qualcomm-in-china-and-across-the-globe/>

Étude de cas – ELLA dans le cadre du GSTP

Description du projet ELLA dans le cadre du GSTP	
Aperçu du projet	<p>Le Programme général de technologies de soutien (GSTP) est un programme de l'ESA qui vise à mettre au point et à mettre à l'essai des technologies innovantes pour les applications spatiales. Le programme finance le développement de nouvelles technologies pouvant être utilisées lors de futures missions spatiales, ainsi que l'amélioration des technologies existantes pour les rendre plus efficaces et rentables.</p> <p>Dans le cadre du GSTP, l'ESA a financé le projet d'Umicore, un groupe mondial de recyclage et de technologie des matériaux dont le siège social se trouve en Belgique, pour une approche d'épitaxie et de séparation de couches minces (ELLA). Ce projet vise à améliorer l'efficacité des cellules solaires spatiales, y compris par une utilisation plus efficace des substrats de germanium (matériau semi-conducteur), coûteux et de grande pureté, puisque les processus actuels de fabrication de satellites entraînent des pertes élevées en matériaux. Avec le soutien du PC-ESA, l'Université de Sherbrooke a participé à la mise au point d'un processus de fabrication de couche mince à partir de germanium poreux.</p>
Historique du projet	<p>Le GSTP a été lancé le 13 mai 1993 et a depuis soutenu de nombreux programmes et technologies. En 2018, le programme a introduit des cadres relatifs à la réduction des risques et aux éléments de base, avec l'objectif d'affiner les technologies spatiales futures et de soutenir le renforcement des capacités et la durabilité pour tous les États membres participants. Cela a permis la mise en œuvre du projet ELLA, qui est toujours en cours.</p>
Renseignements sur les bénéficiaires	<p>Outils/équipement/instruments</p> <p>L'objectif principal du projet ELLA est de mettre au point un substrat de germanium comportant une couche mince conçue pour permettre une croissance épitaxiale, de même que la séparation des éventuelles structures épitaxiales du substrat mère.</p> <p>Personnes impliquées</p> <p>Umicore a été désignée pour diriger la conception de l'outil pour le projet. Au cours de la phase 1 du projet, l'entreprise a travaillé avec IMEC, une organisation de recherche et développement établie en Belgique. Dans le cadre de la phase 2, Umicore a demandé à l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (IIIT) de l'Université de Sherbrooke de contribuer aux activités de recherche et développement, en s'appuyant sur des recherches que l'IIIT avait publiées antérieurement. Pour approfondir leur</p>

Description du projet ELLA dans le cadre du GSTP	
	collaboration, l'IIIT et Umicore planifient actuellement la création d'une chaire de recherche à l'Université de Sherbrooke.
Valeur de la contribution	Par l'entremise du PC-ESA, l'Université de Sherbrooke a reçu 200 000 dollars canadiens pour sa participation au projet.
Résultats	<p>Les résultats attendus des technologies ELLA sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permettre aux fabricants de cellules solaires d'utiliser seulement la quantité de germanium qui est strictement nécessaire pour une cellule solaire fonctionnelle, ce qui aurait une incidence considérable sur d'importants paramètres des satellites, dont la puissance par unité de masse (W/kg), la puissance par unité de volume (W/m³) et le coût par unité de puissance (\$/W). • Des applications terrestres, y compris l'efficacité accrue des panneaux solaires, l'accessibilité à des cellules solaires à rendement élevé pour la production d'électricité sur les voitures électriques, la fabrication de véhicules aériens sans pilote, et d'autres applications de consommation. • Délaissement des options qui entraînent du gaspillage et incidence considérable sur les coûts et la durabilité.
Autres résultats	<p>Pour l'IIIT de l'Université de Sherbrooke, le partenariat avec Umicore a contribué à lui donner une réputation internationale en recherche appliquée, menant à l'ouverture de possibilités commerciales.</p> <p>Le projet ELLA devrait avoir une incidence sur le marché existant des cellules solaires spatiales et ouvrir des possibilités sur de nouveaux marchés.</p> <p>La participation du Canada au GSTP permet d'accroître la capacité de faire la démonstration et de qualifier ses technologies, de faciliter l'accès aux contrats spatiaux européens et aux contrats spatiaux internationaux publics et privés, et de se tenir au courant des technologies spatiales et de l'orientation des politiques européennes.</p>
Sources : dossiers administratifs fournis par l'ASC, entrevues avec des répondants clés et sources accessibles sur le Web.	

Étude de cas – mission d'OT Biomass

Description mission d'OT Biomass	
Aperçu du projet	<p>L'objectif de la mission est de produire des données essentielles sur l'état des forêts, y compris leur évolution, leur dynamique et leur rôle dans le cycle du carbone (ESA, 2023c). La mission recueillera des données au moyen d'un radar à synthèse d'ouverture (RSO) en bande P, optimisé pour cartographier et surveiller la biomasse forestière. L'antenne du RSO est installée sur une grande structure déployable qui permettra au satellite de mesurer la hauteur des arbres et de déterminer avec une précision sans précédent la quantité de biomasse et de carbone stockée dans les forêts du monde. Grâce à ces données précises, fréquentes et mondiales sur les propriétés forestières, il sera possible d'aborder un éventail de problèmes critiques ayant des conséquences scientifiques et sociétales considérables.</p> <p>La mission Biomass fait partie du programme Planète vivante de l'ESA, qui consiste en des missions d'observation de la Terre. Il s'agira du tout premier RSO en bande P à être lancé et du tout premier transpondeur RSO en bande P.</p>
Historique du projet	<p>En mai 2013, Biomass a été sélectionnée comme 7^e mission du programme Earth Explorer de l'ESA. En mai 2016, l'ESA a signé un contrat avec Airbus Defence and Space Royaume-Uni pour la construction du satellite Biomass. En 2017, il a été établi que la mission Biomass examinera pour la première fois la surface de la Terre à la longueur d'onde correspondant à la bande P. Le lancement de Biomass était initialement prévu pour 2020, mais il devrait maintenant avoir lieu vers avril 2024.</p>
Renseignements sur les bénéficiaires	<p>Outils/équipement/instruments</p> <p>Le principal instrument scientifique à bord du satellite Biomass est un RSO en bande P fonctionnant à 435 MHz. Il est doté de capacités polarimétriques et interférométriques complètes, ce qui signifie qu'il peut recueillir des données sur la polarisation et la phase du signal radar, permettant ainsi une analyse plus détaillée de la zone cible.</p> <p>Personnes impliquées</p> <p>Airbus Defence and Space Royaume-Uni est l'entrepreneur principal de la mission Biomass, et est donc responsable de la conception, de la mise au point et de la construction du satellite, ainsi que de l'intégration du RSO dans le satellite.</p> <p>Le Canada a contribué à la mission Biomass de plusieurs façons. Avec le soutien du PC-ESA, Airbus a octroyé un contrat à C-Core pour la conception, la mise au point, la production, la livraison et l'installation d'un transpondeur d'étalonnage, un dispositif</p>

Description mission d'OT Biomass	
	qui reçoit et transmet des ondes radio dans une bande de fréquences prédéterminée. MDA a également été engagée par Airbus pour fournir les antennes de communication du satellite. Des scientifiques canadiens, y compris des chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique qui travaillent à mettre au point des algorithmes d'analyse des données satellitaires, participent également au volet de recherche de la mission.
Valeur de la contribution	La mission Biomass est évaluée à plus de 420 millions d'euros, soit plus de 600 millions de dollars canadiens. Le contrat signé par Airbus est évalué à 229 millions d'euros, soit 333 millions de dollars canadiens.
Résultats	<p>Les nombreux résultats escomptés de la mission Biomass sont notamment les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produire des cartes précises de la biomasse forestière, ce qui permettra de mieux en comprendre la répartition et d'améliorer les calculs des stocks et des flux de carbone associés à la biosphère terrestre. • Améliorer la connaissance du carbone stocké dans les forêts et du cycle du carbone planétaire, ce qui appuiera la gestion des ressources forestières, fournira de précieuses données scientifiques et contribuera aux accords et programmes internationaux visant à réduire les émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des forêts.
Autres résultats	<p>Pour C-Core, ce projet a été l'occasion de faire la démonstration de ses capacités de développement d'algorithmes et de systèmes de traitement embarqués.</p> <p>La participation du Canada à la mission Biomass a également été une occasion exceptionnelle de faire progresser la recherche et développement collaborative sur les prévisions météorologiques spatiales et la prévision des effets du rayonnement sur la navigation dans l'Arctique.</p>
Sources : dossiers administratifs fournis par l'ASC, entrevues auprès d'informateurs clés et renseignements disponibles sur le Web.	

ASC. (2019b). *Surveiller nos forêts depuis l'espace*. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/blogue/2019/02/12/surveiller-nos-forets-depuis-espace.asp>

ESA. (2023c). *Biomass: ESA's Forest Mission*. https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Biomass