



ÉVALUATION DÉTAILLÉE DES RÉPERCUSSIONS SOCIOÉCONOMIQUES DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

**DOCUMENT PRÉPARÉ PAR EUROCONSULT POUR LE COMPTE DE L'AGENCE
SPATIALE CANADIENNE**

RAPPORT FINAL

Le 27 mars 2015

COORDONNÉES DE LA PERSONNE-RESSOURCE

GESTIONNAIRE DU PROJET Adam Keith, Directeur exécutif
ADRESSE 465, rue McGill, bureau 1103, Montréal (Québec), H2Y 2H1
TÉLÉPHONE 514-750-9707 (ligne directe)
514-291-3298 (cellulaire)
COURRIEL keith@euroconsult-na.com

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
INTRODUCTION	1
LE SECTEUR SPATIAL MONDIAL	2
1. ACTIVITÉS SPATIALES MENÉES PAR LES GOUVERNEMENTS À L'ÉCHELLE MONDIALE	2
2. L'INDUSTRIE SPATIALE MONDIALE.....	9
LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN	18
1. ACTIVITÉS SPATIALES GOUVERNEMENTALES AU CANADA.....	18
2. L'INDUSTRIE SPATIALE AU CANADA	25
L'EMPREINTE ÉCONOMIQUE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN	35
1. RÉPERCUSSIONS SUR L'ÉCONOMIE CANADIENNE	35
2. GAINS D'EFFICIENCE ET ÉCONOMIES.....	42
3. SOUTIEN À L'INNOVATION	54
LA VALEUR STRATÉGIQUE ET SOCIALE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN	68
1. APPUI À LA SÉCURITÉ ET À LA SOUVERAINETÉ NATIONALES	68
2. UNE PARTIE DE LA VIE QUOTIDIENNE DES CANADIENS	77
3. PROTECTION ET GESTION DE NOTRE ENVIRONNEMENT	87
4. PROMOTION DE LA COLLABORATION INTERNATIONALE	92
CONCLUSIONS	98
ACRONYMES	101
LISTE DES ENTREVUES.....	103
NOTE SUR LA MÉTHODE	105
RÉFÉRENCES.....	107

ÉTUDES DE CAS

ÉTUDE DE CAS N ^o 1 - ORGANISME DE RÉGLEMENTATION DE L'ÉNERGIE EN ALBERTA.....	45
ÉTUDE DE CAS N ^o 2 – SOLUTIONS SPATIALES POUR LES SECTEURS ÉNERGÉTIQUE ET MINIER	48
ÉTUDE DE CAS N ^o 3 – ACTIVITÉS SPATIALES MENÉES PAR ABB CANADA ET AVANTAGES CONNEXES	57
ÉTUDE DE CAS N ^o 4– RETOMBÉES DES TECHNOLOGIES MISES AU POINT PAR NEPTEC	62
ÉTUDE DE CAS N ^o 5 – CONTRIBUTION CANADIENNE À LA MISSION PHOENIX DE LA NASA	66
ÉTUDE DE CAS N ^o 6 – OPÉRATION DRIFTNET	72
ÉTUDE DE CAS N ^o 7 – UN JOUR SANS ESPACE DANS LE NORD.....	81
ÉTUDE DE CAS N ^o 8 – LAC-MÉGANTIC	83
ÉTUDE DE CAS N ^o 9 – MISSION SPATIALE DE LONGUE DURÉE AVEC CHRIS HADFIELD (2012)	86
ÉTUDE DE CAS N ^o 10 – PARTICIPATION CANADIENNE À LA MISSION SAC-D/ACQUARIUS DE L'ARGENTINE.....	96
ÉTUDE DE CAS N ^o 11 – POLARVIEW	96

FIGURES

FIGURE 1 : DÉPENSES GOUVERNEMENTALES DANS LE SECTEUR SPATIAL À L'ÉCHELLE MONDIALE	2
FIGURE 2 : TROIS DÉCENNIES DE DÉPENSES GOUVERNEMENTALES CIVILES DANS LE SECTEUR SPATIAL, À L'ÉCHELLE MONDIALE *	4
FIGURE 3 : CHAÎNE DE VALEUR SPATIALE.....	10
FIGURE 4 : REVENUS MONDIAUX DE L'INDUSTRIE DES ACTIVITÉS SPATIALES EN 2013.....	12
FIGURE 5 : NOMBRE DE SATELLITES LANCÉS DANS LE MONDE, PAR TYPE D'EXPLOITANT (2004-2023).....	13
FIGURE 6 : NOMBRE DE SATELLITES LANCÉS DANS LE MONDE, PAR APPLICATION.....	14
FIGURE 7 : FINANCEMENT GOUVERNEMENTAL ET PARTS DE MARCHÉ DANS LE CRÉNEAU DES TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITE (2004-2013)	14
FIGURE 8 : LES 3 CHAÎNES DE VALEUR DES MARCHÉS DE SATELLITES COMMERCIAUX EN 2013	15
FIGURE 9 : APPROCHE GOUVERNEMENTALE AUX ACTIVITÉS SPATIALES (2014)	18
FIGURE 10 : BUDGET DESTINÉ AUX PROJETS SPATIAUX CIVILS DU CANADA.....	22
FIGURE 11 : DÉPENSES DU CANADA DANS DES ACTIVITÉS SPATIALES CIVILES, PAR APPLICATION, DE 2009 À 2014.....	23
FIGURE 12 : PART DE L'INVESTISSEMENT DU GOUVERNEMENT CANADIEN DANS LES INITIATIVES SPATIALES CIVILES, PAR RAPPORT AU TOTAL MONDIAL	24
FIGURE 13 : COMPARAISON DU BUDGET DU CANADA PAR RAPPORT AUX 10 PLUS GRANDS PROGRAMMES SPATIAUX DU MONDE	24

FIGURE 14 : CHAÎNE DE VALEUR DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN EN 2013 (EN M\$).....	25
FIGURE 15 : TROIS INTERPRÉTATIONS POSSIBLES DE LA CHAÎNE DE VALEUR CANADIENNE	26
FIGURE 16 : DISTRIBUTION RÉGIONALE – SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)	27
FIGURE 17 : RÉPARTITION DES ENTREPRISES PAR REVENUS.....	29
FIGURE 18 : TENDANCES CLÉS EN MATIÈRE DE REVENUS (TCAC, 2004-2013).....	31
FIGURE 19 : TENDANCES EN MATIÈRE DE REVENUS, SECTEUR SPATIAL CANADIEN	32
FIGURE 20 : CONTRIBUTION TOTALE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN AU PIB (2013).....	36
FIGURE 21 : REVENUS VS CONTRIBUTION DIRECTE AU PIB (2013)	36
FIGURE 22 : EMPLOIS TOTAUX CRÉÉS PAR LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013).....	38
FIGURE 23 : ÉVOLUTION DU SECTEUR SPATIAL PAR RAPPORT À L'EMPLOI AU CANADA (2008-2013).....	38
FIGURE 24 : VENTILATION DES EMPLOIS DIRECTS AU SEIN DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013).....	39
FIGURE 25 : PRODUCTIVITÉ DE LA MAIN-D'ŒUVRE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN.....	40
FIGURE 26 : CARTOGRAPHIE DES UTILISATEURS FINAUX DE SOLUTIONS SPATIALES AU CANADA ISSUS DU SECTEUR PRIVÉ ET DES MINISTÈRES.....	43
FIGURE 27 : UTILISATIONS DES DONNÉES D'OBSERVATION DE LA TERRE PAR LE GOUVERNEMENT CANADIEN *	45
FIGURE 28 : L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE SPATIALE DU CANADA ET SES SECTEURS CONNEXES.....	56
FIGURE 29 : PORTION DU BUDGET ALLOUÉE AUX ACTIVITÉS DE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE.....	59
FIGURE 30 : DÉPENSES EN R-D PAR LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013).....	63
FIGURE 31 : PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES LIÉES À L'ESPACE DANS TROIS DISCIPLINES CHOISIES, AU CANADA (2003-2012).....	67
FIGURE 32 : APERÇU DE L'INFRASTRUCTURE MILITAIRE SPATIALE DÉDIÉE PRINCIPALE DU MDN.....	71
FIGURE 33 : PRINCIPAUX DÉPLOIEMENTS DES FORCES ARMÉES CANADIENNES À L'ÉTRANGER.....	76
FIGURE 34 : ABONNÉS CANADIENS À DES SERVICES DE TÉLÉVISION PAR SATELLITE (1995- 2013).....	79
FIGURE 35 : ABONNÉS CANADIENS À DES SERVICES D'ACCÈS À INTERNET À LARGE BANDE PAR SATELLITE (2004-2013)	80
FIGURE 36 : INITIATIVES ÉDUCATIVES VISANT LES JEUNES CANADIENS	84
FIGURE 37 : ACTIVITÉ DANS LES MÉDIAS SOCIAUX DE L'ASC ET D'AUTRES ORGANISMES.....	85
FIGURE 38 : DISTRIBUTION D'ENTENTES PAR DOMAINE D'APPLICATION (1990-2014).....	93

TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE DES DIX PAYS QUI INVESTISSENT LE PLUS DANS LEUR PROGRAMME SPATIAL	7
TABLEAU 2 : DÉPENSES SPATIALES DES GOUVERNEMENTS DU MONDE, PAR APPLICATION (2004-2023).....	8
TABLEAU 3 : TENDANCES CLÉS AU SEIN DU MARCHÉ DES SERVICES SATELLITAIRES.....	17
TABLEAU 4 : EXEMPLES DE GRANDS PROJETS SPATIAUX EN COURS DE RÉALISATION PAR LE GOUVERNEMENT DU CANADA*	20
TABLEAU 5 : PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES (PME) AU SEIN DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013).....	30
TABLEAU 6 : TENDANCES ASSOCIÉES AUX MARCHÉS SPATIAUX ET PART DE MARCHÉ DU CANADA.....	32
TABLEAU 7 : APERÇU DES RÉPERCUSSIONS DIRECTES, INDIRECTES ET INDUITES DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013).....	41
TABLEAU 8 : PRINCIPAUX UTILISATEURS GOUVERNEMENTAUX FÉDÉRAUX DE SERVICES SATELLITAIRES	47
TABLEAU 9 : GAMME D'APPLICATIONS ET D'UTILISATEURS OPÉRATIONNELS.....	52
TABLEAU 10 : DEUX JOUEURS CANADIENS DU SECTEUR SPATIAL ET LEURS FOURNISSEURS	58
TABLEAU 11 : NOUVELLES APPLICATIONS TERRESTRES ÉLABORÉES PAR LE BIAIS DU PROGRAMME DTEA DE L'ASC (ÉCHANTILLON).....	60
TABLEAU 12 : RETOMBÉES DES CONTRATS DE L'ASC AYANT FAIT L'OBJET D'UNE ANALYSE	61
TABLEAU 13 : INSTALLATIONS CANADIENNES MENANT DE LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE SPATIAL, ET DISCIPLINES ÉTUDIÉES.....	64
TABLEAU 14 : UNE VARIÉTÉ DE SOLUTIONS SPATIALES AUX ENJEUX DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU CANADA.....	88
TABLEAU 15 : UN ÉVENTAIL DE SOLUTIONS SPATIALES POUR DES ENJEUX DE GESTION DES RESSOURCES AU CANADA	91
TABLEAU 16 : PROJETS DIRIGÉS PAR LE CANADA ET PAR DES PAYS ÉTRANGERS DANS LE CADRE DE MISSIONS DE COOPÉRATION (1990-2014)	93

Page laissée vierge intentionnellement.



RÉSUMÉ

LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN ET SON CONTEXTE

Le contexte mondial dans lequel sont réalisées les activités spatiales est en pleine évolution

Le secteur spatial international subit présentement un changement en profondeur. En raison du contexte financier difficile, les pays qui ont exercé traditionnellement un leadership dans le domaine spatial subissent diverses pressions, ce qui les mène à redéfinir leurs priorités. Parallèlement, de nouveaux leaders, comme la Chine et l'Inde, ont affirmé leurs ambitions spatiales en investissant massivement dans le développement de leurs capacités. De plus en plus de pays investissent dorénavant dans le secteur spatial, ce qui tend à bousculer la hiérarchie internationale.

Les changements ne sont pas moins importants au sein du volet commercial de l'industrie spatiale, lequel est confronté à une importante évolution dans sa chaîne de valeur, de l'amont vers l'aval. Confrontés à des innovations perturbatrices, à un environnement concurrentiel plus rude et à l'émergence de nouveaux facteurs ayant une incidence sur les secteurs de la fabrication, du lancement et des services, les acteurs de l'industrie spatiale à l'échelle mondiale se doivent de revoir leurs stratégies et leurs modèles opérationnels.

Le Canada : Un pionnier de l'espace qui se cherche de nouvelles ambitions

Le Canada a rapidement réalisé les avantages qu'il pouvait tirer du développement et de l'exploitation de technologies spatiales. Depuis le lancement du satellite Alouette, il y a plus de 60 ans, son secteur spatial a fait figure de pionnier dans le développement et l'application de technologies spatiales de pointe. Le Canada :

- > a été le premier pays au monde à exploiter un satellite de télécommunications national et commercial (Anik) depuis une orbite géostationnaire (en 1972), à déployer un service de radiodiffusion en direct (en 1978) et à introduire un service d'accès Internet bidirectionnel à l'échelle du pays (en 2004);
- > a fait œuvre de pionnier dans le créneau des satellites opérationnels à radar à synthèse d'ouverture (SAR) avec sa série de satellites RADARSAT, dont la troisième génération est en plein développement;
- > s'est établi en tant que chef de file mondial dans le créneau des technologies de robotique spatiale et des systèmes de vision grâce à son programme emblématique Canadarm.

Toutefois, le Canada a récemment perdu la place de choix qu'il occupait parmi les leaders du secteur spatial. Au fil des ans, le Canada a investi de moins en moins dans son programme spatial, le budget de base de l'Agence spatiale canadienne étant désormais inférieur à 300 millions de dollars, ce qui est encore moins que le budget dont elle disposait en 1999. Malgré certaines affectations additionnelles ciblées ou certains programmes d'acquisition, ce faible niveau de financement complique la capacité du pays à accroître ses capacités technologiques dans l'espace.

L'adoption du Cadre de la politique spatiale du Canada en 2014 fournit l'orientation à long terme dont ont besoin tous les intervenants canadiens. Elle renforce également le caractère stratégique des activités spatiales pour le Canada en réaffirmant l'harmonisation du Programme spatial canadien avec les priorités stratégiques du gouvernement.

200 organisations actives génèrent des revenus de 5,4 milliards de dollars

Le secteur spatial canadien est constitué de plus de 200 organisations qui oeuvrent à différents niveaux dans la chaîne de valeur spatiale, et emploie 9 784 travailleurs hautement qualifiés dans divers postes. Si l'on tient compte des activités canadiennes de radiodiffusion par satellite, on estime que ce secteur a engendré des revenus cumulatifs de 5,37 milliards de dollars en 2013 (ces revenus s'établissent à 2,63 milliards de dollars si l'on exclut ces activités).

Principaux aspects du secteur spatial canadien :

- > Les revenus augmentent à un rythme supérieur à celui de l'économie canadienne (3,7 % en moyenne au cours des cinq dernières années, comparativement à 1,8 %) et sont stimulés par un secteur en aval dynamique.
- > Les revenus sont principalement concentrés dans les 10 plus importantes entreprises et comptent pour environ 90 % des revenus totaux de l'industrie.
- > Les PME comptent pour environ 90 % de toutes les organisations, mais celles-ci n'enregistrent que de faibles revenus liés au secteur spatial.
- > Le secteur en aval (secteur des services) génère 79 % des revenus et affiche la plus forte croissance.
- > Les communications par satellite et les marchés commerciaux et de l'exportation sont des facteurs clés.
- > À eux seuls, l'Ontario et le Québec représentent environ 80 % des revenus et des emplois du secteur.

Part des entreprises canadiennes dans les marchés spatiaux mondiaux

L'industrie spatiale mondiale a généré des revenus d'environ 250 milliards de dollars US en 2013. Ces revenus provenaient à 80 % d'activités commerciales (essentiellement dérivées de services [principalement les services de télévision par satellite]) et à 20 % d'activités gouvernementales (essentiellement dérivées d'activités de fabrication). La part de l'industrie spatiale canadienne dans le marché mondial est estimée à environ 2 %, ce qui est plutôt bon si l'on considère que le Canada ne contribue qu'à hauteur de 1 % au financement total mondial des activités spatiales civiles.

Il incombe de souligner que la plus grande part de marché de l'industrie canadienne est celle de la fabrication de satellites commerciaux (aux fins de télécommunications). Toutefois, la diminution des investissements en R-D au sein du programme spatial national compromet la position des entreprises canadiennes au sein du marché mondial très compétitif.

RETOMBÉES ÉCONOMIQUES DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Retombées directes, indirectes et induites du secteur spatial canadien

La contribution globale du secteur spatial canadien au PIB du Canada représente la valeur que l'industrie ajoute à l'économie nationale (elle est donc différente des revenus du secteur). En tenant compte de ses effets directs, indirects et induits, le secteur spatial canadien a généré, en 2013 :

- > un multiplicateur économique de 1,85 (rapport entre la contribution directe au PIB et la contribution indirecte et induite) pour une contribution totale au PIB de 2,9 milliards de dollars;
- > un multiplicateur d'emploi de 2,5, pour 24 354 emplois équivalents temps plein;
- > des recettes fiscales de 750 millions de dollars versées aux gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux.

Bien que les méthodes de calcul des retombées économiques puissent varier d'une étude à l'autre, il a été établi que les multiplicateurs du secteur spatial canadien sont équivalents, et peut-être même supérieurs, à ceux des autres industries du Canada (p. ex., l'aviation) et du secteur spatial d'autres pays (p. ex., le R.-U.).

Voici quelques-unes des autres conclusions importantes de l'évaluation des répercussions économiques du secteur spatial canadien :

- > les secteurs des services et de la fabrication sont ceux qui ont la plus grande incidence sur le PIB (incidence de 55 % et de 30 %, respectivement);
- > 45 % de l'apport direct au PIB provient des PME;
- > le secteur a crû environ six fois plus rapidement que le marché du travail canadien;
- > le secteur attire des personnes hautement qualifiées (ingénieurs, scientifiques et techniciens), lesquels comptent pour 53 % de son effectif;
- > avec un PIB par travailleur d'environ 160 000 \$, l'effectif de ce secteur a affiché une production plus de deux fois supérieure à celle de l'effectif industriel du Canada.

Le secteur spatial a des répercussions à grande échelle sur l'économie canadienne

Le secteur spatial canadien engendre des effets à grande échelle sur l'économie nationale puisqu'il stimule l'innovation, le développement des connaissances et la productivité et ce, des fournisseurs jusqu'aux utilisateurs finaux.

Plus d'un millier d'organisations publiques et privées canadiennes issues de plusieurs secteurs utilisent activement des solutions spatiales. Les secteurs de l'énergie, de l'agriculture, de la foresterie, de l'ingénierie/de l'infrastructure, du commerce au détail, de la finance, des médias, des télécommunications et du transport figurent tous parmi les grands utilisateurs commerciaux du Canada. Ces secteurs s'en remettent aux solutions spatiales pour réaliser, assurer et améliorer leurs activités organisationnelles en surveillant des régions éloignées ou inaccessibles, en recueillant des informations clés utiles à la prise de décisions ou en assurant la connectivité à l'échelle de leurs réseaux. À ce titre, l'espace constitue un facilitateur clé permettant de générer des économies et de réaliser des gains d'efficacité.

Le secteur spatial favorise également la création et la diffusion de connaissances et l'innovation au sein de l'industrie canadienne et des communautés scientifiques et de la recherche au Canada :

- > Ce secteur a investi approximativement 180 millions de dollars en R-D en 2013, ce qui correspond à une intensité de R-D équivalente à 11 % de l'incidence directe du secteur sur le PIB, ce qui est de loin supérieur à toute autre industrie du pays.
- > Chaque dollar investi dans des contrats de l'Agence spatiale canadienne rapporte 1,20 dollar en retombées économiques au-delà de la valeur du contrat initial.
- > Environ 50 universités et établissements de recherche canadiens offrent des programmes d'études axés sur l'espace et ce, dans les domaines du droit, des sciences, de l'ingénierie et de la politique.
- > Les chercheurs canadiens qui œuvrent dans des disciplines liées à l'espace ont publié 2 507 articles, ce qui représente 6,9 % du total des articles publiés à l'échelle mondiale (il s'agit là d'un des meilleurs rendements à l'échelle internationale).

Le secteur spatial dépend d'une vaste gamme de technologies, d'équipements et de produits, ce qui implique des transferts de technologies avec d'autres industries. D'une part, l'espace est un puissant vecteur qui permet aux fournisseurs d'améliorer la qualité de leurs produits, de mettre en œuvre des normes de calibre mondial, de stimuler les équipes techniques et de mettre en vitrine leurs capacités. D'autre part, le coût de l'adaptation des technologies et l'incapacité à prévoir à long terme les activités découlant des contrats gouvernementaux peuvent rendre les activités spatiales impossibles à soutenir

pour les petites entreprises. De telles contraintes ont déjà obligé plusieurs entreprises canadiennes à réduire, voire même à carrément cesser, leurs activités dans le secteur spatial.

LA VALEUR STRATÉGIQUE ET SOCIALE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Appuyer la sécurité et la souveraineté du Canada

La communauté canadienne de la défense et de la sécurité est désormais un utilisateur mature de solutions spatiales opérationnelles. Le MDN s'est engagé dans un plan ambitieux visant l'acquisition et le développement de capacités spatiales. Ce plan englobe des satellites nationaux tels Polar Epsilon/RADARSAT-2 (observation de la Terre), M3MSAT (Système d'identification automatique), NEOSsat et Sapphire (surveillance de l'espace). Il comprend également des programmes de coopération avec des pays alliés, notamment avec le Department of Defence (DoD) des États-Unis en matière de télécommunications par satellite. Ces ressources spatiales sont essentielles pour que le MDN puisse réaliser ses missions, lesquelles comprennent notamment :

- > La connaissance du domaine maritime : Surveillance des activités illégales, suivi des navires à la trace, application des lois et des règlements, protection contre les tempêtes, opérations de recherche et de sauvetage, etc.
- > La défense de la souveraineté dans l'Arctique : les systèmes spatioportés constituent la seule et unique solution viable pour assurer la prestation de services de communications, de localisation et de renseignement dans l'Arctique.
- > La réalisation d'opérations internationales : les 1 500 membres des Forces canadiennes déployés aux quatre coins du monde dépendent des satellites pour mener à bien leurs opérations.

L'espace fait partie de la vie quotidienne des Canadiennes et des Canadiens

Le secteur spatial est de plus en plus présent dans la vie quotidienne des Canadiennes et des Canadiens :

- > L'espace joue un rôle de premier plan dans l'amélioration de la qualité de vie des Canadiens, que ce soit par la fourniture d'informations météorologiques précises par le biais du Service météorologique du Canada, ou par l'utilisation des services GPS le long des millions de kilomètres de routes qui sillonnent le pays.
- > L'espace autorise la distribution de plus de 1 200 chaînes de télévision dans 2,7 millions de foyers. En fait, l'espace fait partie des chevilles ouvrières du réseau national de télévision depuis ses premiers balbutiements.
- > L'espace contribue à combler le fossé numérique, là où les réseaux terrestres ne peuvent se rendre ou là où le déploiement de ces réseaux est très coûteux. Au total, 200 000 foyers canadiens dépendent des satellites pour leur accès à Internet, ce qui fait du Canada le deuxième plus important marché dans le monde. Les satellites sont une source primaire, et souvent même unique, de connectivité, notamment dans le Nord où ils fournissent les liens sociaux et économiques vitaux avec le reste du pays et du monde.
- > L'espace joue un rôle crucial dans la sécurité des populations : le système COSPAS-SARSAT, dont le siège social se trouve à Montréal, est venu en aide à 1 500 Canadiens depuis sa mise en service en 1982. La Garde côtière a également recours aux solutions spatioportées pour répondre aux situations de détresse en mer. D'ailleurs, celle-ci aide à sauver 2 200 Canadiens chaque année.
- > L'espace est également une source d'inspiration : Le Canadarm et le Programme des astronautes canadiens ont inspiré plusieurs générations de Canadiens. Avec plus de 200 000 abonnés YouTube et 5 millions de visites annuelles sur son site Web, l'ASC affiche une présence virtuelle équivalente à celle des principales associations et organisations nationales.

L'espace contribue à la protection et à la gestion de notre environnement

Les solutions spatiales sont avantageuses pour la surveillance des changements climatiques et la gestion des ressources naturelles, et elles aident les gouvernements et les entreprises privées à protéger et à gérer notre environnement. Les données satellitaires fournissent des informations essentielles à de multiples secteurs (y compris aux secteurs de l'agriculture, de la foresterie et de l'exploration pétrolière et gazière), elles produisent des retombées (p. ex. des évaluations de la santé et du rendement des cultures), elles contribuent à améliorer la sécurité en surveillant d'immenses étendues et elles détectent la présence de polluants dans les lacs et les océans.

La surveillance des variables climatiques au Canada revêt une importance capitale compte tenu de l'immense étendue du territoire canadien (plus de 10 millions de km²), de son très long littoral (244 000 km, soit le plus long du monde) et de ses vastes zones boisées et fragiles sur le plan écologique. Les données recueillies au-dessus du territoire canadien servent d'intrants pour la surveillance mondiale de l'environnement. Tirant profit de ses systèmes spatioportés, le Canada peut surveiller les changements climatiques à l'échelle de la planète ainsi que différents phénomènes se produisant au-dessus du territoire canadien.

Le Canada est un pays riche en ressources. Les secteurs de l'énergie et des mines ont contribué plus de 170 milliards de dollars au PIB du Canada en 2013 (ce qui représente plus du quart de la valeur du secteur de production des biens), celui de l'agriculture et de l'agroalimentaire a généré 103,5 milliards de dollars et le secteur forestier, 57,8 milliards de dollars. En outre, le Canada possède le tiers de toutes les réserves d'eau potable de la planète. Les données produites depuis l'espace sont utilisées à l'échelle des secteurs publics et privés pour gérer et surveiller ces ressources et pour assurer des pratiques opérationnelles efficaces et sûres. Ces solutions sont essentielles pour l'économie canadienne et l'exploitation durable des ressources naturelles du Canada.

L'espace favorise la collaboration internationale

Le Canada a pu bonifier son programme national grâce à une collaboration élargie avec ses partenaires internationaux. Depuis sa création, l'Agence spatiale canadienne a conclu quelque 200 accords bilatéraux et multilatéraux avec plus de 24 partenaires internationaux. De ce nombre, 78 accords ont été conclus avec la NASA. La coopération internationale permet au Canada de profiter de nombreuses retombées, comme de participer à des projets qu'il ne pourrait autrement se permettre, d'obtenir l'accès à des informations et à des données produites par les satellites d'autres pays, de remplir ses obligations internationales ou d'exporter des technologies et de l'expertise.

Le développement de nouvelles capacités par le biais de partenariats aide les entreprises canadiennes à accroître leur visibilité au sein du marché mondial. Par exemple, le Canada jouit depuis 1979 d'un statut spécial d'État coopérant au sein de l'Agence spatiale européenne. En retour de cet investissement, le Canada profite d'avantages substantiels qui permettent à son industrie de participer à des programmes internationaux et de R-D à grande échelle, lesquels créent d'importantes possibilités sur les plans stratégique et des affaires.

CONCLUSIONS : POSSIBILITÉS ET DÉFIS DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Le développement de capacités de pointe au moyen d'investissements sélectifs constitue une priorité du programme spatial national. Au fil des ans, les fournisseurs canadiens ont développé une expertise de calibre mondial dans plusieurs domaines, dont ceux de la robotique, des capteurs, des instruments

scientifiques et des charges utiles de télécommunications. À de nombreux niveaux, le secteur spatial canadien a atteint une stabilité relative. Il compte sur des sources régulières de revenus ainsi que sur un secteur en aval dynamique grâce aux investissements faits en amont, dans le créneau des technologies spatiales. Cette vitalité produit des retombées et a de multiples répercussions économiques, stratégiques et sociales dans tout le pays.

Toutefois, le présent rapport a mis en lumière plusieurs facteurs ayant une incidence sur le secteur spatial canadien. Les facteurs suivants sont les plus névralgiques :

1. Alors que le contexte dans lequel sont menées les activités spatiales évolue rapidement et que les investissements du Canada dans ses capacités technologiques spatiales diminuent, la position de notre pays sur la scène internationale est compromise. Bien que le Canada fasse partie du G7, il attribue une part beaucoup moins importante de son PIB à ses activités spatiales civiles que la moyenne mondiale. Son financement de base ne permettra vraisemblablement pas au Canada de maintenir ses capacités spatiales à long terme. De plus, l'imprévisibilité et l'instabilité budgétaires affectent les intervenants les plus fragiles, surtout les PME qui forment la partie névralgique de l'écosystème du secteur spatial canadien.
2. Si l'on tient compte de la Défense, l'investissement total du gouvernement du Canada dans le secteur spatial a augmenté de façon importante. Toutefois, le rendement de ces investissements demeure limité pour le secteur spatial canadien puisqu'une part importante des fonds est dépensée dans le cadre de programmes étrangers. Compte tenu de l'ampleur des investissements, il s'agit d'un manque à gagner non négligeable pour ce secteur.
3. Les investissements du gouvernement canadien dans le secteur spatial n'ont pas toujours appuyé des domaines affichant un fort potentiel commercial, ce qui limite la possibilité de transformer cet investissement initial en gains économiques plus considérables pour le secteur spatial. Ainsi, plusieurs intervenants de l'industrie ont été progressivement exclus du Programme spatial canadien. En outre, cette situation favorise la dépendance d'une partie de l'industrie à l'égard des besoins spécifiques du gouvernement et de ses cycles de décision et d'investissements.
4. Bon nombre d'entreprises prospères concentrent leurs activités principalement autour du marché de l'exportation, lequel peut représenter jusqu'à 90 % de leurs revenus, et dépendent peu des programmes de R-D ou de soutien gouvernementaux. Bien qu'il s'agisse d'un signe de maturité commerciale, à long terme cela pourrait compromettre la viabilité des activités et des capacités technologiques clés et, du coup, créer un fossé entre les capacités technologiques de l'industrie et les besoins nationaux du gouvernement.
5. L'industrie canadienne a fait d'importants investissements à l'extérieur du Canada. Elle a notamment fait des acquisitions à l'étranger et mis en œuvre des installations dans d'autres pays. Bien que cela démontre le dynamisme des plus grandes entreprises canadiennes, celles-ci choisissent d'investir à l'extérieur du Canada pour stimuler leur croissance. Inversement, le Canada n'attire pas suffisamment d'investissements étrangers dans son secteur spatial, ce qui amènerait des capitaux additionnels et contribuerait à la croissance de sa base technologique.
6. Hormis quelques programmes d'envergure, le Canada n'offre que des occasions limitées de partenariat entre les secteurs publics et privés. Peu importe que ce soit à des fins de R-D, de prestation de services opérationnels ou de réalisation de projet à petite ou à grande échelle, bon nombre de pays ont mis en œuvre un important portefeuille de plans de coopération autorisant la mise en œuvre souple de programmes et prévoyant l'élargissement des sources de financement.
7. Enfin, seule une industrie spatiale nationale en santé peut produire les retombées auxquelles le Canada s'attend de ses investissements spatiaux et, de façon plus générale, des activités qu'il mène dans l'espace, peu importe que celles-ci soient réalisées au moyen de biens spatiaux canadiens ou étrangers.

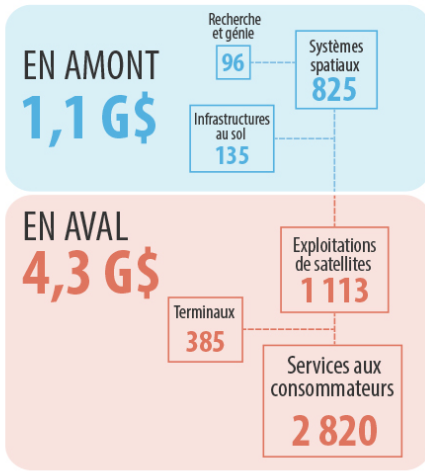
Le présent rapport ne vise pas à formuler des recommandations, mais plusieurs éléments qui s'y trouvent pourraient contribuer à accroître l'incidence du secteur spatial canadien. Ces éléments sont notamment les suivants :

- > L'examen des mécanismes utilisés par les autres secteurs ou les autres pays, et l'évaluation de leur mise en œuvre au Canada. Que ce soit pour les stratégies d'investissement, les partenariats, les mécanismes de financement conjoint, les transferts de technologies, la réglementation, l'aide aux entreprises en démarrage ou aux PME, d'importantes leçons pourraient être apprises de leur expérience et celles-ci pourraient être partagées.
- > D'après le Cadre de la politique spatiale de 2014, la définition d'une stratégie nationale pour les technologies spatiales et l'industrie associant toutes les composantes du Programme spatial canadien (communautés civiles, de la défense, industrielle et scientifique). Une telle stratégie nationale, énonçant un plan d'action à long terme en lien avec des capacités stratégiques, serait essentielle pour assurer l'incidence durable à long terme du secteur spatial national pour le Canada.

IMPACT SOCIOÉCONOMIQUE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN



REVENUS DE 5,4 G\$ DANS LE SECTEUR SPATIAL



226 ORGANISATIONS

dont 200 PME
Les 10 plus grandes entreprises représentent près de 90 % du total des revenus



53% DE PERSONNES HAUTEMENT QUALIFIÉES

PIB par professionnel : 160 000 \$
Deux fois la moyenne nationale
Le rythme de création d'emplois est six fois plus rapide que la moyenne nationale



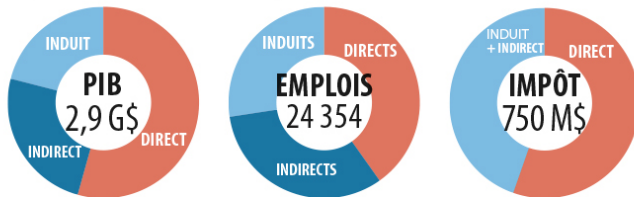
TCAC sur 5 ans de 3,6 %

par rapport à 1,8 % pour l'économie canadienne

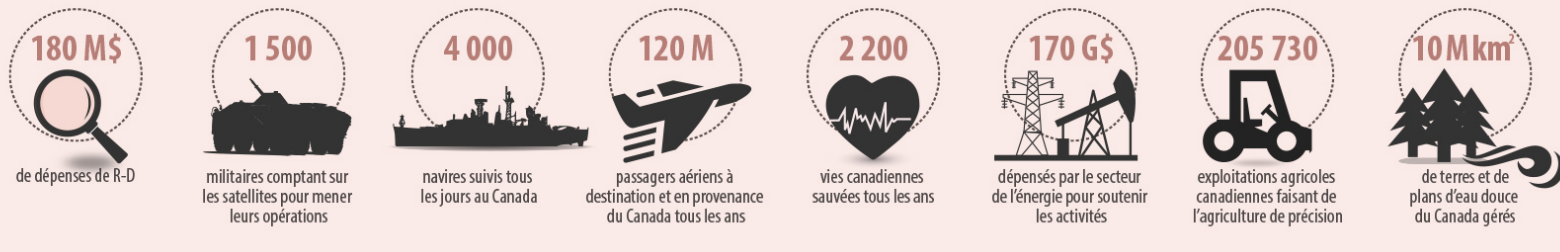
LE CANADA DANS LE MONDE



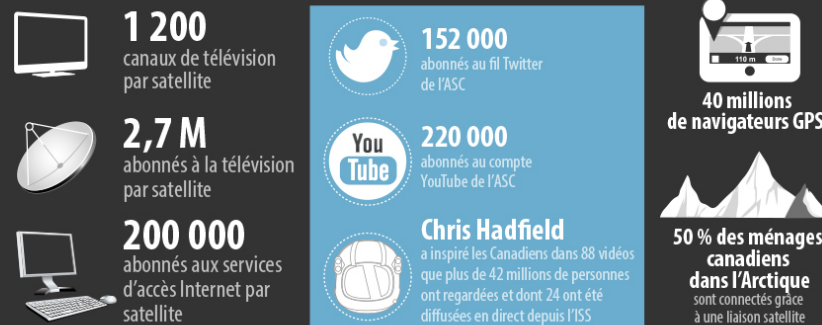
EMPREINTE ÉCONOMIQUE



RÔLE CRUCIAL DU SECTEUR SPATIAL



INCIDENCE DU SECTEUR SPATIAL DANS LA VIE DES CANADIENS





INTRODUCTION

En allant de l'avant avec la mise en œuvre du Cadre de la politique spatiale du Canada, dévoilée en février 2014 par l'honorable James Moore, ministre de l'Industrie, l'Agence spatiale canadienne (ASC) entreprend une série d'études afin d'appuyer l'élaboration d'une « Proposition de valeur pour l'espace » visant à démontrer comment les investissements spatiaux contribuent à la croissance économique et à la création d'emplois au Canada. La proposition de valeur appuiera la prise de décisions éclairées en vue des futurs politiques et investissements dans le secteur spatial.

Dans ce contexte, la présente *Évaluation détaillée des répercussions socioéconomiques du secteur spatial canadien* a pour objectif de cerner les répercussions macroéconomiques du secteur spatial et d'approfondir nos connaissances sur les retombées directes, indirectes et induites découlant des activités spatiales publiques et privées menées au Canada.

Cette étude a été réalisée à la lumière de nombreuses sources de renseignements, dont les suivantes :

- > Un examen approfondi d'études socioéconomiques portant sur le secteur spatial ainsi que sur d'autres secteurs du Canada et d'autres pays.
- > Une recherche documentaire visant à recueillir les informations pertinentes à l'analyse. Une attention particulière a été accordée aux autres études ou activités menées par l'ASC ou aux autres ministères possédant des informations d'intérêt pour cette étude.
- > Une consultation avec les intervenants du secteur spatial canadien et des ministères, laquelle nous a permis d'obtenir des données primaires et des informations directement des intervenants. Au total, 43 entrevues ont été réalisées. Une liste détaillée est fournie en annexe.
- > Un examen des informations disponibles à l'interne grâce aux plus récentes activités de recherche d'Euroconsult.

Le présent rapport comprend cinq sections distinctes :

1. Le secteur spatial mondial – Examen du contexte mondial des activités spatiales menées par les gouvernements et le secteur privé.
2. Le secteur spatial canadien – Examen du contexte canadien des activités spatiales menées par le gouvernement et le secteur privé.
3. L'empreinte économique du secteur spatial canadien - Résumé quantitatif et qualitatif des répercussions du secteur spatial sur l'économie canadienne et ce, des fournisseurs jusqu'aux utilisateurs finaux.
4. La valeur stratégique et sociale du secteur spatial canadien – Examen des retombées élargies du secteur spatial canadien pour le Canada, sur les plans de sa sécurité et de sa souveraineté, de sa population, de son environnement et de son positionnement sur la scène internationale.
5. Conclusions

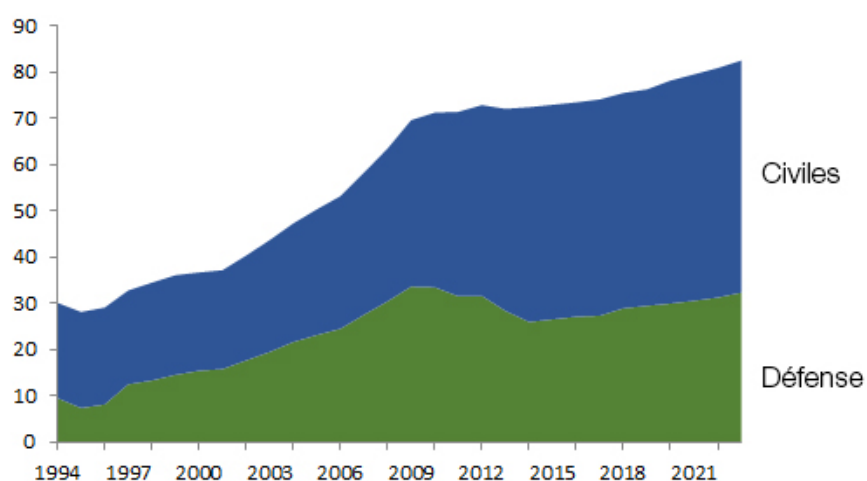
LE SECTEUR SPATIAL MONDIAL

1. ACTIVITÉS SPATIALES MENÉES PAR LES GOUVERNEMENTS À L'ÉCHELLE MONDIALE

1.1 UN CONTEXTE MONDIAL EN PLEINE TRANSITION

Les actions prises par les gouvernements sont essentielles à l'industrie spatiale, notamment 1) par les investissements qu'ils font en R-D dans un secteur technologiquement complexe, et 2) par la création d'un environnement stratégique et réglementaire favorable à l'émergence et au développement d'applications et de services spatiaux. Après deux décennies de croissance continue, les investissements des gouvernements des quatre coins du monde dans le domaine spatial stagnent depuis 2010. Avec des dépenses de 72 milliards de dollars US à l'échelle de la planète, l'année 2013 a été la première année depuis 1995 où les investissements, en termes de dépenses annuelles, ont diminué. D'une valeur d'environ 44 milliards de dollars US, les programmes civils représentent 61 % du financement global attribué aux activités spatiales, ce qui constitue une part grandissante depuis 2009. Après une décennie complète de croissance, les dépenses militaires ont diminué de 15 % depuis 2010, suite à d'importantes réductions aux É.-U. Cette pression exercée sur les finances publiques, notamment en Amérique du Nord et en Europe, a sérieusement affecté la capacité des gouvernements à soutenir leurs programmes spatiaux nationaux. Cela a eu des répercussions directes sur les organismes civils et de défense qui gèrent ces programmes, ainsi que sur les entrepreneurs industriels qui les exécutent.

FIGURE 1 : DÉPENSES GOUVERNEMENTALES DANS LE SECTEUR SPATIAL À L'ÉCHELLE MONDIALE (EN MILLIARDS DE DOLLARS US)

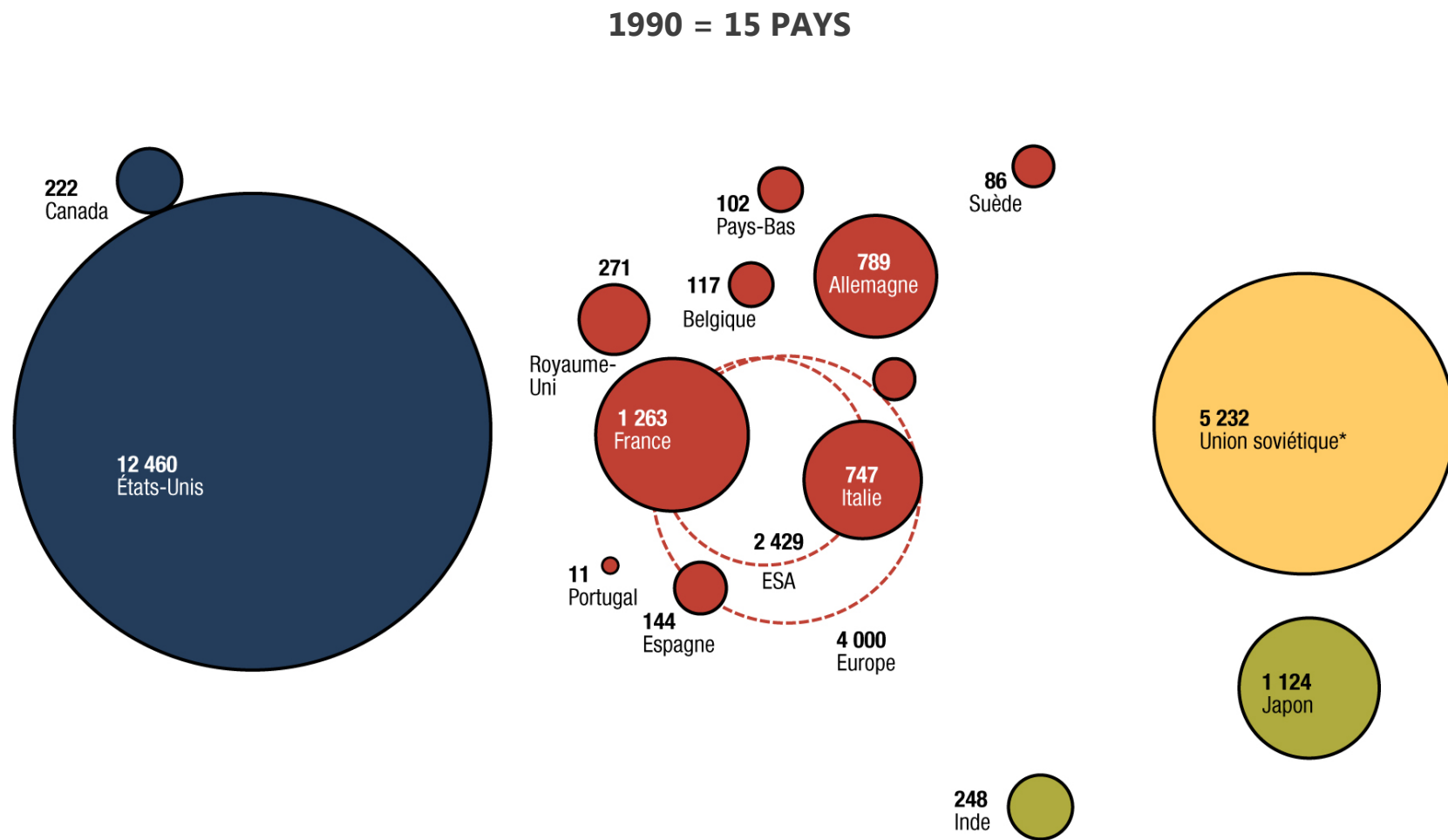


Source : Euroconsult

Le contexte international dans lequel sont réalisées les activités spatiales a considérablement changé au cours des vingt dernières années puisqu'un nombre croissant de pays investissent désormais dans le secteur spatial aux quatre coins du monde. En 2013, 58 pays possédaient un programme spatial, comparativement à 37 en 2003. Un tel dynamisme illustre à quel point les gouvernements perçoivent les

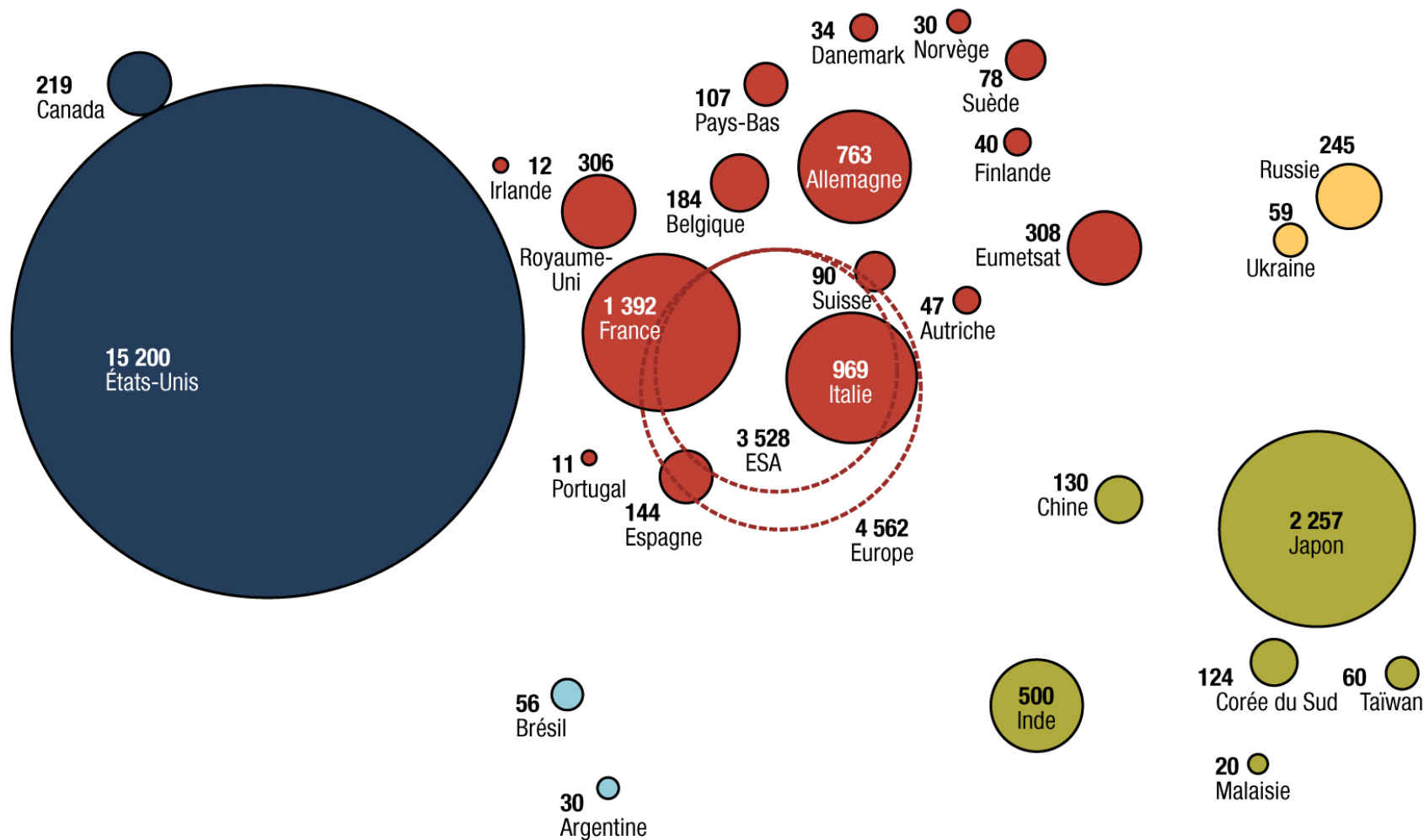
applications et les technologies spatiales comme un investissement précieux appuyant le développement social, économique, stratégique et technologique de leur pays. Ces nouveaux pays aux capacités spatiales offrent de nouvelles possibilités de coopération, tant au niveau académique qu'industriel, avec les joueurs établis du secteur spatial, y compris le Canada. Mais ils sont aussi confrontés à de nouveaux défis dans leur volonté d'élaborer des technologies locales susceptibles, au final, de concurrencer celles des joueurs établis sur le marché international. La figure 2 illustre la croissance des pays aux capacités spatiales au cours des trois dernières décennies.

FIGURE 2 : TROIS DÉCENNIES DE DÉPENSES GOUVERNEMENTALES CIVILES DANS LE SECTEUR SPATIAL, À L'ÉCHELLE MONDIALE *
(EN MILLIONS DE DOLLARS US COURANTS)



* Pays dépensant plus de 10 millions de dollars, seulement

2003 = 37 PAYS



*Pays dépensant plus de 10 millions de dollars, seulement

1.2 TENDANCES AU NIVEAU DES PROGRAMMES SPATIAUX NATIONAUX

Les investissements publics dans le domaine spatial demeurent concentrés dans les cinq plus importants programmes spatiaux nationaux (É.-U., Europe, Russie, Japon et Chine). Toutefois, cette concentration s'est atténuée au fil des ans (passant de 97 % de l'ensemble des dépenses gouvernementales mondiales en 2004 à 93 % en 2013), mais on s'attend à ce qu'elle reste stable au cours de la prochaine décennie. Les dix principaux programmes à l'échelle internationale ont subi d'importants changements. Certains joueurs historiques de ce secteur (É.-U., Europe et Japon) ont subi d'intenses pressions budgétaires, tout comme les autres qui ont affirmé leur leadership au cours de la dernière décennie avec d'importants investissements (Russie, Chine et Inde). Outre ces 10 programmes spatiaux, 18 pays ont dépensé plus de 100 millions de dollars US (y compris le Canada), et 30 autres ont investi entre 10 et 100 millions de dollars US dans leur programme spatial national.

TABLEAU 1 : LISTE DES DIX PAYS QUI INVESTISSENT LE PLUS DANS LEUR PROGRAMME SPATIAL

PAYS/ ORGANISATION*	FINANCEMENT EN 2013(\$ US)/TCAC 5ANS	TENDANCES RÉCENTES
É.-U.	38,7 G\$/-3 %	Période de transition pour les programmes civils et militaires. Leadership sous pression. De plus en plus axé sur des partenariats commerciaux/internationaux.
RUSSIE	11 G\$/32 %	Pointe historique de financement résultant d'un ambitieux plan visant à moderniser l'infrastructure spatiale et à assurer l'indépendance nationale.
CHINE	4 G\$/15 %	Priorité accordée à des plans ambitieux de missions habitées, de lanceurs, et d'activités de navigation et d'observation de la Terre. Soutien à l'exportation.
JAPON	3,3 G\$/3 %	La Défense stimule la croissance des investissements nationaux. Le programme spatial de ce pays est passé d'une orientation technologique à une orientation sur l'utilisation et la commercialisation de l'espace.
FRANCE	2,9 G\$/1 %	Financement stable malgré des pressions budgétaires. L'industrie spatiale nationale est fortement axée sur la fabrication et les services de lancement, lesquels dictent les priorités nationales.
ALLEMAGNE	2,1 G\$/5 %	Nouveau leader du Programme spatial européen. L'Allemagne est devenue le principal contributeur de l'Agence spatiale européenne (ESA). Elle axe ses activités sur le développement des capacités et les applications satellitaires.
U.E.	1,6 G\$/40 %	Intervenant clé de l'Europe, bien que les difficultés dans l'achèvement des programmes Galileo et Copernicus laissent planer une ambiguïté quant au mandat futur.
INDE	1,2 G\$/14 %	Ce programme, historiquement axé sur les applications civiles, porte désormais aussi sur la défense et la sécurité. Il constitue un modèle d'élaboration de programme spatial pour les pays en développement.
ITALIE	1,1 G\$/3 %	La situation budgétaire en Italie soulève une certaine incertitude quant à la capacité du gouvernement à respecter les engagements pris dans le cadre du programme spatial national, notamment les engagements envers l'ESA.
R.-U.	0,8 G\$/6 %	La position du R.-U. au sein de l'ESA s'est améliorée grâce à la récente décision de stimuler et de promouvoir la stratégie spatiale nationale. Ce programme est reconnu pour des partenariats de longue date avec le secteur privé et il est axé sur les applications.

*Les pays européens et l'U.E. incluent les contributions à l'ESA.

Source : Euroconsult

Tendances par applications spatiales clés :

- > Les vols spatiaux habités constituent le plus important poste de dépense : 10,9 milliards de dollars en 2013 en raison de l'élaboration des systèmes de transport de prochaine génération et de leurs infrastructures orbitales. Il n'y a que l'ESA et sept pays qui investissent dans de tels programmes. Les É.-U. comptent pour 70 % du financement total, mais d'ici 2023, la part de la Chine comptera pour 25 % des dépenses.
- > L'observation de la Terre a reçu, en 2013, 10,7 milliards de dollars. Cette somme est principalement attribuable aux programmes civils qui seront entrepris dans 62 pays d'ici 2023 et qui entraîneront une croissance fulgurante du nombre de lancements de satellites. Le financement diminuera graduellement lorsque les grands programmes auront franchi leur pic d'investissement, aux environs de 2017. L'Asie se hissera au premier rang avec 37 % des dépenses en 2023.
- > La mise au point de véhicules de lancement de prochaine génération dans plusieurs pays contribue à l'accroissement des dépenses liées aux programmes de lanceurs (15 pays/agences, 8,6 milliards de dollars en 2013). On s'attend à ce que le financement se stabilise dans l'ensemble au cours de la décennie. Lorsqu'un programme de lancement est entrepris, ce dernier peut accaparer entre 15 % et 50 % du budget d'une agence.
- > En 2013, la valeur du secteur des télécommunications par satellite est estimée à 7,2 milliards de dollars, et celle-ci devrait diminuer à 5,9 milliards de dollars d'ici 2023 en raison de la diminution des dépenses militaires. Les programmes civils engagent des dépenses, comme le montre le nombre croissant de pays qui investissent. On s'attend à ce que 185 satellites de communication soient lancés. Les deux tiers de ces satellites seront lancés par la Russie et l'Asie.
- > La valeur du secteur de l'exploration et des sciences spatiales s'est élevée à 5,6 milliards de dollars en 2013, et on prévoit qu'elle atteindra 8,3 milliards de dollars en 2023, principalement en raison des plans ambitieux de la Russie et de l'Inde, et d'investissements soutenus aux É.-U. Vingt-cinq agences ont investi dans l'exploration et les sciences spatiales, mais au final, 92 % des dépenses totales incombent à cinq pays.
- > Le secteur de la navigation par satellite a atteint 4,3 milliards de dollars. Seulement cinq pays, en plus de l'U.E., investissent dans le développement de tels systèmes. On s'attend à ce que l'accroissement du financement appuie le déploiement des systèmes. Ce secteur devrait atteindre un sommet de 5,6 milliards de dollars en 2020. Au cours de la prochaine décennie, 124 satellites de navigation et de positionnement devraient être lancés.

TABLEAU 2 : DÉPENSES SPATIALES DES GOUVERNEMENTS DU MONDE, PAR APPLICATION (2004-2023)

APPLICATIONS*	2004		2013		2023	
	N ^{bre} de pays	G\$ US	N ^{bre} de pays	G\$ US	N ^{bre} de pays	G\$ US
Observation de la Terre	28	6,5	55	10,7	62	10,8
Télécom. par satellite	20	3,9	48	7,2	61	5,9
Science	18	5,8	25	5,6	28	8,5
Lanceurs	11	2,7	15	8,6	16	8,2
Sécurité	4	1,3	8	2,7	11	3,2
Nav. par satellite	6	1,4	9	4,3	9	5,2
Vols habités	7	9,1	8	10,9	8	17,6

*À l'exclusion des programmes classifiés, des programmes technologiques et des activités internes des É.-U.

Source : Euroconsult

2. L'INDUSTRIE SPATIALE MONDIALE

2.1 LA CHAÎNE DE VALEUR SPATIALE

La chaîne de valeur qui permet la prestation de services spatiaux est constituée d'un large éventail d'intervenants qui œuvrent à quatre niveaux différents :

- > Organismes gouvernementaux qui financent la R-D portant sur des technologies spatiales pour leur propre usage et pour un double usage.
- > Le secteur spatial en amont, qui comprend un nombre limité d'intervenants qui conçoivent et fabriquent des systèmes spatiaux, leurs véhicules de lancement et l'infrastructure au sol connexe.
- > Le secteur spatial en aval, qui comprend :
 - > Les exploitants de satellites qui possèdent et exploitent les systèmes satellitaires et qui commercialisent leurs capacités auprès des fournisseurs de services.
 - > Les fournisseurs de services et de terminaux qui fournissent des services de communications, de navigation et d'informations géographiques à des utilisateurs finaux en intégrant les signaux satellites dans des solutions prêtes à l'emploi.
- > Les utilisateurs finaux, qu'il s'agisse d'utilisateurs gouvernementaux (civils/militaires) ou commerciaux (entreprises ou individus) qui n'ont pas besoin de la technologie satellitaire comme telle, mais qui ont plutôt besoin de solutions adaptées à leurs besoins, p. ex. pour obtenir des services de communications, de navigation ou d'informations géographiques de meilleure qualité.

La différence est parfois mince entre les segments en amont et en aval de la chaîne de valeur puisque les intervenants peuvent être intégrés verticalement et mener des activités dans plusieurs segments (p. ex., ces activités peuvent aller du développement de technologies jusqu'à la prestation de services). Néanmoins, cette distinction demeure essentielle afin de comprendre la structure de l'industrie spatiale ainsi que les modèles d'affaires exécutés par ses intervenants.

La figure 3 illustre la chaîne de valeur du secteur spatial dans sa totalité.

Le secteur spatial en amont

Le secteur spatial en amont englobe une vaste gamme de services et d'activités de recherche, d'ingénierie et de fabrication en appui à l'élaboration et au lancement de systèmes spatiaux ainsi qu'au développement de capacités.

Les activités de recherche et d'ingénierie sont réalisées par un grand nombre d'entreprises privées et d'organismes publics (centres de recherche, universités, etc.), des très petites jusqu'aux grandes organisations, et qui innovent dans le créneau des technologies destinées aux systèmes et aux sous-systèmes spatiaux. Les gouvernements (par le biais d'agences spatiales) et les joueurs importants de l'industrie (p. ex., les fabricants de systèmes spatiaux) sont indispensables au financement et au soutien des activités de recherche et d'ingénierie.

Les fabricants de systèmes spatiaux conçoivent, élaborent, assemblent, intègrent et mettent à l'essai des satellites, des engins spatiaux, des sondes et des lanceurs, ainsi que des systèmes au sol destinés à commander et à contrôler le segment spatial. Ils ont pour objectif de maximiser la rentabilité de leurs activités tout en maintenant leurs capacités technologiques. Le segment de la fabrication est composé d'un nombre restreint d'intégrateurs de systèmes de niveau 1 (principaux) et de leur chaîne d'approvisionnement connexe. La chaîne d'approvisionnement est constituée d'un vaste nombre d'entreprises de niveaux 2 et 3 oeuvrant dans la conception et la fabrication des sous-systèmes, des

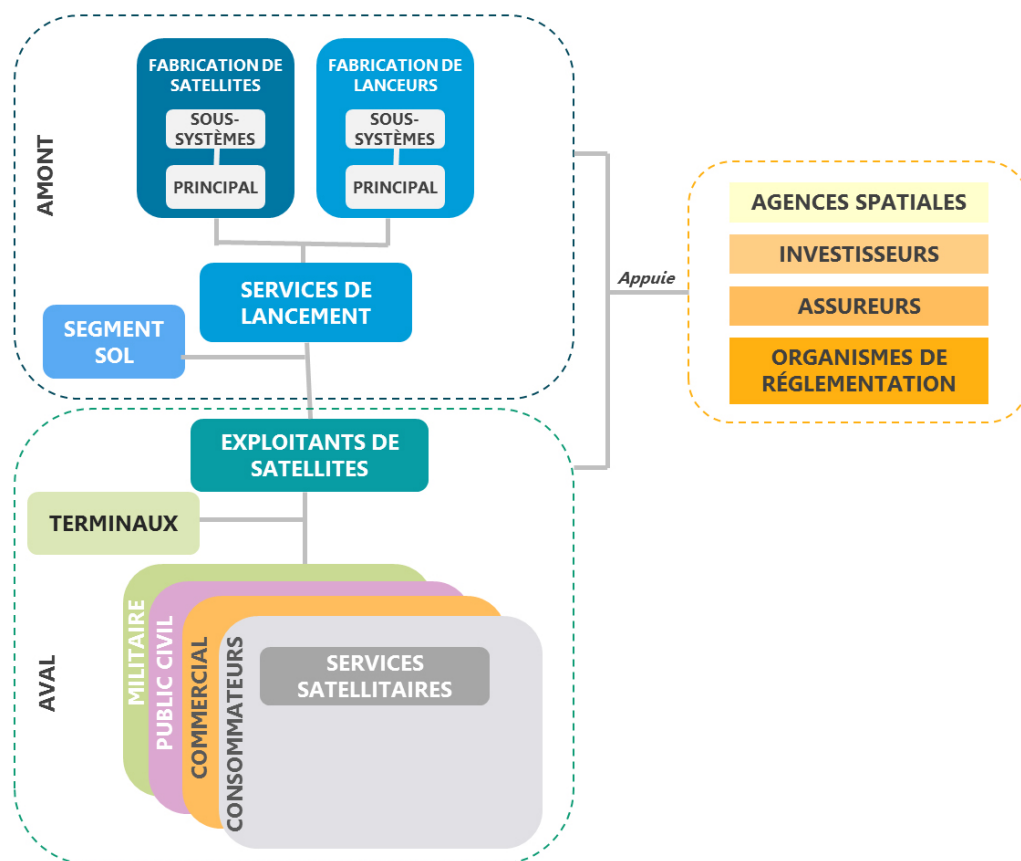
pièces et des composantes qu'ils fournissent aux intégrateurs, que ce soit au niveau national ou international.

À l'instar de la fabrication des systèmes spatiaux, le lancement de satellites constitue une activité à faible marge. Cela souligne le rôle primaire des institutions publiques dans le cadre des phases de développement et de production de véhicules de lancement puisque l'accès autonome à l'espace constitue souvent une priorité stratégique pour les puissances spatiales. Les fabricants de véhicules de lancement et les fournisseurs de service sont assujettis :

- > au long cycle de développement d'un nouveau véhicule de lancement (jusqu'à 15 ans), lequel cycle nécessite une quantité énorme de fonds publics et un appui continu aux activités de R-D;
- > à la capacité à mettre efficacement en place des processus industriels dans le but d'optimiser les coûts, la fiabilité et la cadence de production des systèmes de lancement.

Les fabricants de systèmes au sol produisent la gamme complète d'équipements nécessaires à la réception, au traitement et à la gestion des signaux émis par les engins spatiaux, ainsi qu'à la poursuite et à la commande des satellites dans l'espace. Ces fabricants se spécialisent dans les systèmes et les composantes radiofréquences, les grandes antennes de passerelle et les concentrateurs de réseaux utilisés par les exploitants de satellites, les téléports et les fournisseurs de services.

FIGURE 3 : CHAÎNE DE VALEUR SPATIALE



Le secteur spatial en aval

Le secteur spatial en aval englobe l'exploitation de satellites, la distribution de données ou de signaux et les activités qui ajoutent de la valeur et qui visent à transformer des capacités spatiales en services et produits utiles pour les utilisateurs finaux.

La visibilité de la technologie satellitaire diminue au fur et à mesure que l'on descend dans la chaîne de valeur. Au final, cette technologie devient à peine une composante d'une solution spatiale intégrée. Bien que ce secteur ne constitue qu'une partie d'une solution plus vaste, il demeure une composante essentielle assurant la prestation de services et la disponibilité/pérennité de ces derniers. Par conséquent, les applications et les intervenants commerciaux faisant partie du secteur en aval sont motivés davantage par les besoins des utilisateurs finaux que par les capacités ou les restrictions technologiques spécifiques des systèmes spatiaux. Ainsi, le secteur en aval est moins homogène que le secteur en amont et son analyse est de loin plus complexe.

Bien que certains fournisseurs de services aient opté pour un modèle d'affaires à intégration verticale (c.-à-d. de la propriété des systèmes satellitaires jusqu'à la prestation des services aux utilisateurs finaux), la majorité préférerait se procurer les capacités requises à l'externe.

Les exploitants de satellites possèdent l'infrastructure satellitaire nécessaire pour vendre des capacités à de tierces parties (capacité de communication [largeur de bande], d'observation [imagerie], de navigation [positionnement] ou scientifique [données]). Ces opérateurs acquièrent des systèmes satellitaires et des services de lancement de façon concurrentielle dans le but d'obtenir rapidement un rendement élevé du capital investi.

Les fournisseurs de services satellitaires créent de la valeur en transformant les avantages que procure la technologie satellitaire en services rentables pour les utilisateurs. Ce segment est très fragmenté. Des milliers d'entreprises fournissent une vaste gamme de services (transmission de la voix ou de données, radiodiffusion, services d'informations géographiques, etc.) à des marchés précis d'utilisateurs finaux, y compris les marchés du transport, de l'ingénierie, de la défense, de l'agriculture, des médias, du tourisme, de la consommation, etc. Les intervenants qui oeuvrent dans ce secteur vont des entreprises multinationales présentes dans les marchés de masse (p. ex., la télévision par satellite) aux petites entreprises actives dans des marchés professionnels à créneaux.

Les fournisseurs de terminaux procurent aux utilisateurs du matériel de connexion à distance, comme des terminaux à très petite ouverture d'antenne (VSAT) qui émettent et/ou reçoivent des signaux pour une multitude d'applications, notamment la télédiffusion, la transmission de données et les communications mobiles. Avec la diminution drastique des prix au cours des dernières années, la fabrication de terminaux est devenue une activité à faible marge, surtout en ce qui concerne les applications fixes comme la télévision directe à domicile et la large bande à la consommation. Inversement, les terminaux destinés aux marchés à créneaux, comme le journalisme électronique par satellite et les applications mobiles (maritimes et aéronautiques) ont un plus faible volume, mais ils offrent une marge supérieure.

2.2 TENDANCES ET DYNAMIQUE AU SEIN DE L'INDUSTRIE SPATIALE MONDIALE

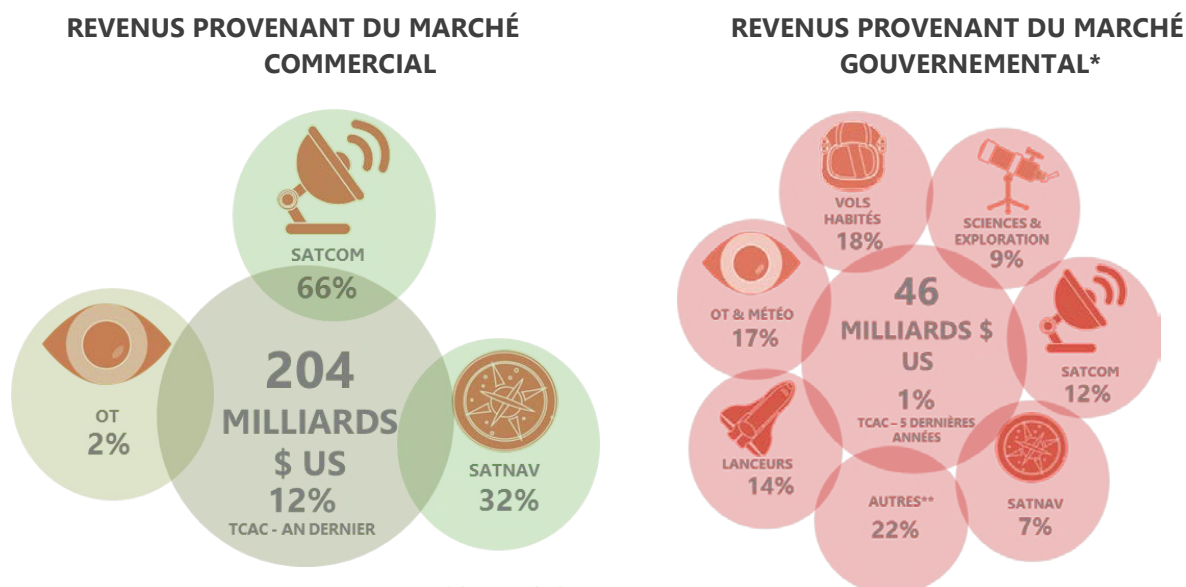
En 2013, l'industrie spatiale mondiale a affiché des revenus d'environ 250 milliards de dollars US. De ce total :

- > 204 milliards de dollars US provenaient d'activités spatiales commerciales en amont (p. ex., fabrication de systèmes spatiaux) et d'activités en aval (p. ex., prestation de services).
- > 46 milliards de dollars US provenaient de clients gouvernementaux (en s'appuyant sur l'hypothèse qu'en moyenne 70 % des budgets des gouvernements sont impartis à l'industrie). Cela englobe les contrats industriels liés aux activités spatiales gouvernementales, comme l'exploration spatiale, les sciences spatiales, les véhicules de lancement, les missions spatiales

habitées et les missions satellitaires gouvernementales (observation de la Terre, télécommunications par satellite, navigation par satellite, etc.).

La figure 4 donne un aperçu des activités spatiales commerciales menées à l'échelle mondiale (c.-à-d., excluant les activités gouvernementales) par chaîne de valeur (à gauche) et par application (à droite).

FIGURE 4 : REVENUS MONDIAUX DE L'INDUSTRIE DES ACTIVITÉS SPATIALES EN 2013



*Inclus les programmes de technologies classifiées et génériques

Source : Euroconsult

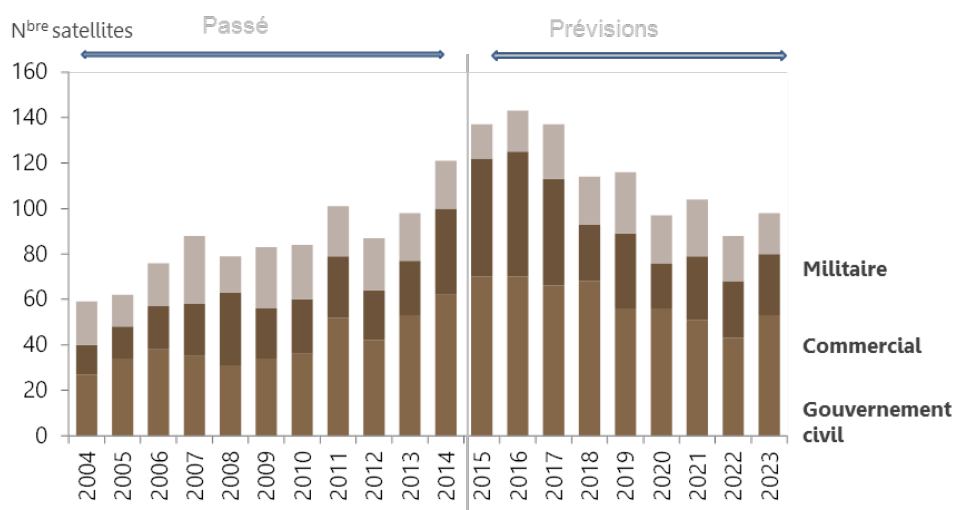
Concentration sur le marché de la fabrication de satellites

Tel qu'illustré dans les figures 5 et 6 ci-dessous, au cours des dix dernières années, les opérateurs gouvernementaux et commerciaux ont lancé dans l'espace 800 satellites ayant une masse supérieure à 50 kg. De 2014 à 2023, on s'attend à ce que 1 155 satellites de plus soient mis en orbite. Ces lancements devraient engendrer des revenus manufacturiers de 188 milliards de dollars US au cours de la décennie, ce qui représente une croissance de 25 % par rapport à la dernière décennie. De ces futurs satellites, 350 auront une vocation commerciale (plus de 80 % de ces satellites fourniront des services de communications et de diffusion), ce qui représente un marché manufacturier de 56 milliards de dollars US au cours de cette période de dix ans.

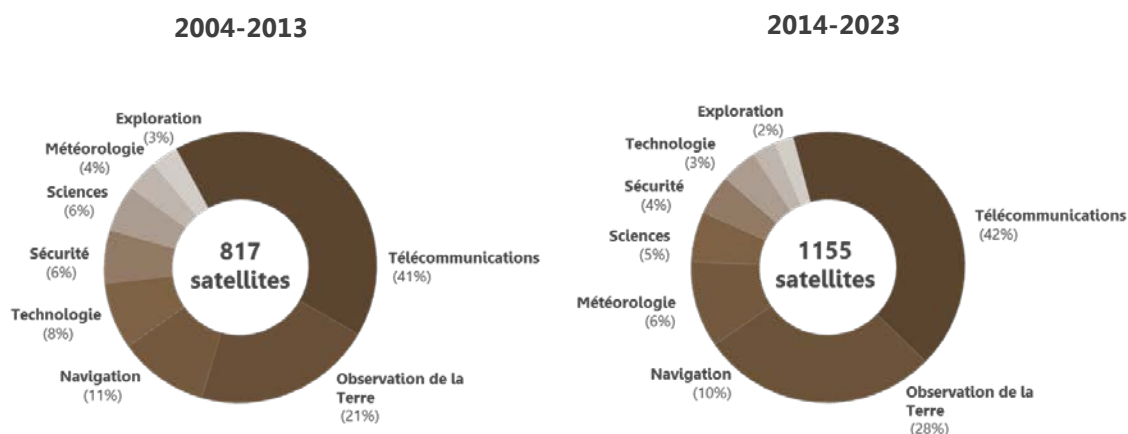
Le marché de la fabrication de satellites commerciaux est planétaire, concurrentiel et fortement axé sur les prix. Il comprend approximativement 30 entreprises de niveau 1 capables d'assembler, d'intégrer et de mettre à l'essai (AIE) des systèmes satellitaires complets offrant différentes capacités. Moins de 10 fabricants se font concurrence sur la scène internationale pour les satellites commerciaux de communications en orbite géostationnaire (GEO). Historiquement, quatre fabricants américains et deux fabricants européens dominent l'industrie avec 80 % des parts combinées de marché. De plus, l'industrie de la fabrication de satellites dépend fortement des gouvernements qui appuient le développement technologique par l'attribution directe de fonds aux activités de R-D ou par des investissements dont l'industrie peut tirer profit sur le marché commercial. Les programmes publics nationaux ont été essentiels au fil des ans pour soutenir l'innovation et la compétitivité de leur industrie et ce, même sur le

marché des communications souvent perçu comme étant commercialement « mature ». La figure 7 illustre la relation directe qui existe entre l'ampleur du financement gouvernemental et le rendement commercial de l'industrie. L'industrie américaine bénéficie du plus important programme gouvernemental de communications par satellite au monde, et l'industrie européenne compte le plus vaste programme de R-D civil au monde consacré aux télécommunications par satellite. Ceci explique le rendement de ces industries au sein du marché commercial international.

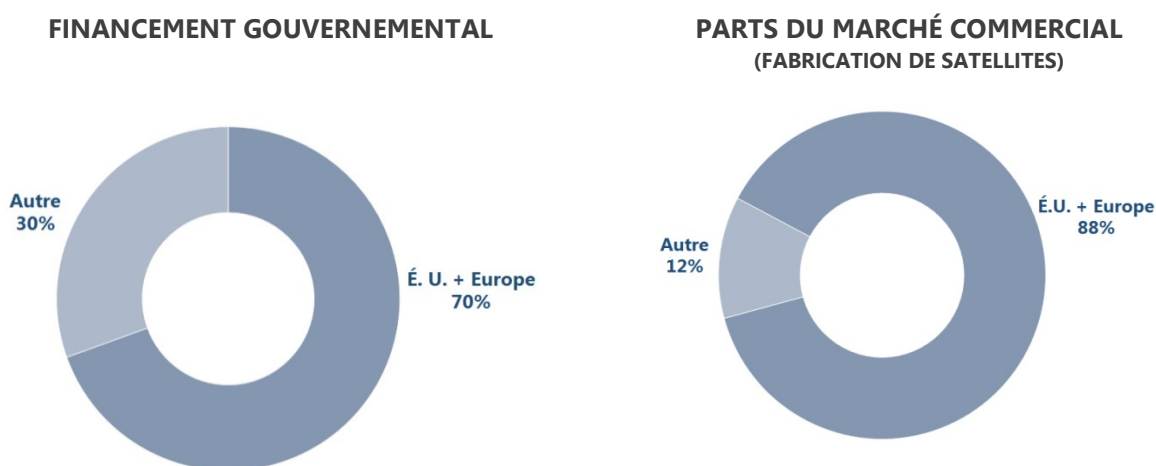
FIGURE 5 : NOMBRE DE SATELLITES LANCÉS DANS LE MONDE, PAR TYPE D'EXPLOITANT (2004-2023)



Source : Euroconsult

FIGURE 6 : NOMBRE DE SATELLITES LANCÉS DANS LE MONDE, PAR APPLICATION

Source : Euroconsult

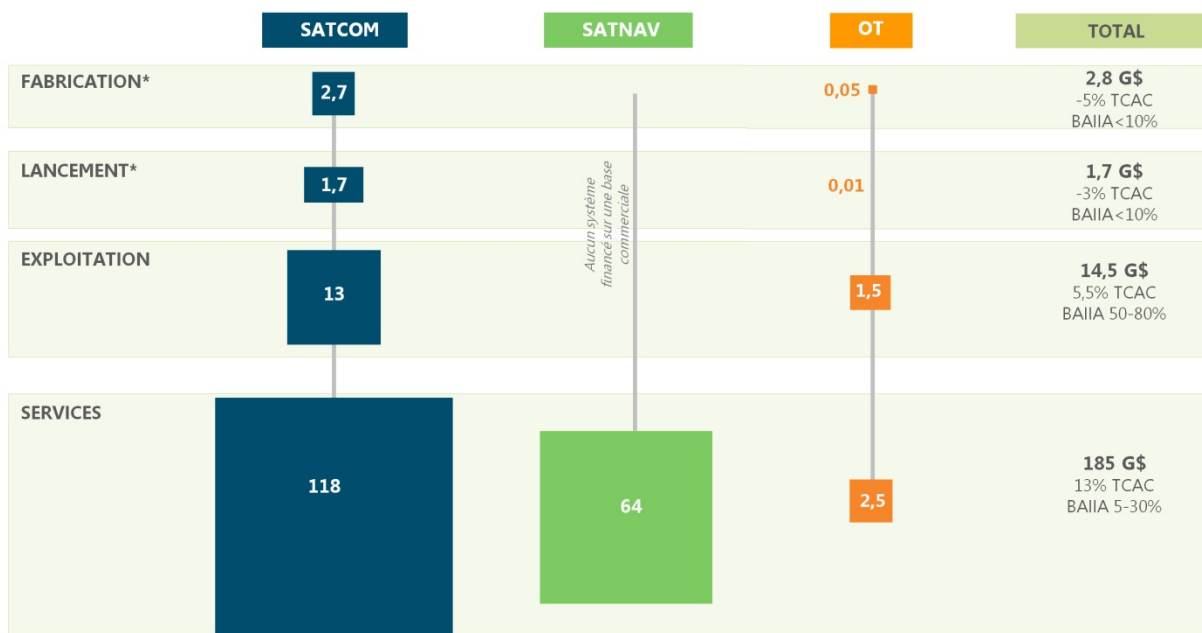
FIGURE 7 : FINANCEMENT GOUVERNEMENTAL ET PARTS DE MARCHÉ DANS LE CRÉNEAU DES TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITE (2004-2013)

Source : Euroconsult

Concentration sur les marchés de services satellitaires commerciaux

En aval, trois chaînes de valeur ont vu le jour pour la prestation de services commerciaux dérivés de systèmes satellitaires, soit celles des télécommunications par satellite (SatCom), de l'observation de la Terre (OT) et de la navigation par satellite (SatNav).

FIGURE 8 : LES 3 CHAÎNES DE VALEUR DES MARCHÉS DE SATELLITES COMMERCIAUX EN 2013
(EN MILLIARDS DE DOLLARS US)



*Valeur marchande au moment du lancement

Source : Euroconsult

Comme l'illustre la figure 8, les services de communications sont les plus élaborés sur le plan commercial puisque les industries des télécommunications et de la radiodiffusion utilisent à profusion les réseaux satellitaires depuis 45 ans. Aujourd'hui, ces services génèrent plus de 66 % de la valeur du marché commercial.

- > En 2013, les exploitants de satellites commerciaux de communications ont généré des revenus de 13 milliards de dollars US. Les exploitants de services fixes par satellite (SFS) possèdent et exploitent les satellites et louent, sur le marché de gros, la capacité satellitaire à des exploitants de services de télécommunications, à des radiodiffuseurs, à des fournisseurs d'accès Internet, à des fournisseurs de VSAT ainsi qu'à d'autres fournisseurs de services pour divers services de communications et de radiodiffusion. En 2013, 37 exploitants de SFS étaient actifs sur les marchés nationaux, régionaux et mondiaux. Le marché est très concentré. Les cinq principaux exploitants de SFS ont engrangé 70 % des revenus de 2013. Les exploitants de services mobiles par satellite (SMS) vendent ou louent à leur clientèle, sur une base de gros, leur capacité satellitaire sous la forme de temps d'antenne (en minutes) ou de largeur de bande (MHz). Cinq exploitants de SMS étaient actifs en 2013, l'exploitant de longue date Inmarsat ayant engrangé 62 % des revenus totaux.
- > Les services de communications par satellite sont très diversifiés et ils sont fournis par des centaines d'entreprises distinctes. Ces services portent notamment sur la radiodiffusion directe par satellite (RDD), la large bande pour le grand public, les réseaux d'entreprise ainsi que les communications nautiques et aéronautiques. Pour l'année 2013, les revenus totaux des fournisseurs de services de communications par satellite sont estimés à 118 milliards de dollars US, dont 90 % proviennent des services vidéo (essentiellement la télédiffusion directe à domicile). Ce secteur subit une intégration verticale accrue (c'est-à-dire que les exploitants acquièrent des

fournisseurs de services) ainsi qu'une consolidation, ce qui devrait lui permettre d'accroître ses parts de marché ou d'augmenter ses marges de profit dans ce milieu très compétitif.

Bien que le marché des services de navigation par satellite ait connu une croissance importante, il compte un profil de chaîne de valeur unique puisqu'il ne possède pas d'infrastructure commerciale en amont.

- > Puisque les systèmes actuels sont financés et exploités directement par des organismes gouvernementaux, aucun revenu commercial n'est associé à la fabrication de systèmes de navigation par satellite. Les investissements dans le créneau de la navigation par satellite demeurent fortement concentrés dans quelques pays, puisque les coûts liés au lancement d'un système fonctionnel sont très élevés. En 2014, deux pays possédaient un système mondial de navigation par satellite (GNSS) opérationnel en orbite, soit les É.-U. avec le système GPS, et la Russie avec Glonass. L'Europe et la Chine travaillent à l'élaboration de leur propre infrastructure GNSS (Galileo et Beidou, respectivement).
- > Les services de navigation par satellite à valeur ajoutée ont connu une croissance considérable au cours de la dernière décennie, ce qui a ouvert un important marché pour les fournisseurs d'équipement (terminaux) et de services. Une prévision diffusée par l'agence européenne responsable du système mondial de navigation par satellite¹ indique que le nombre de dispositifs GNSS devrait pratiquement quadrupler au cours des prochaines années, ce qui ferait passer le marché d'environ 2 milliards de dollars US en 2013 à un marché de près de 7 milliards de dollars US en 2022. De plus, le marché des services GNSS devrait doubler, passant de 64 milliards de dollars US en 2013 à 100 milliards de dollars US en 2022. Le marché des services basés sur la localisation (SBL) des personnes (soit principalement celui des téléphones intelligents) et du transport routier sont deux facteurs clés du développement des services commerciaux, lesquels représentent, collectivement, plus de 90 % du marché. Les secteurs de l'agriculture, de la surveillance et du transport ferroviaire, maritime et aérien se partagent les 10 % restants du marché.

Le secteur commercial de l'observation de la Terre demeure un marché en émergence.

- > Le marché des données commerciales s'élève à 1,5 milliard de dollars US. Ce secteur en est un fortement concentré puisque 50 % des ventes de données commerciales incombent à seulement deux entreprises, soit DigitalGlobe et Airbus Defence & Space. Avec MDA, ces trois entreprises sont les seules à déclarer des revenus de plus de 100 millions de dollars en données et services d'OT par satellite. La défense continue de représenter la part du lion (59 % du marché) puisque les données commerciales ont contribué à combler les lacunes en matière de solution de défense.
- > Les fournisseurs de services d'imagerie de la Terre distribuent les données via des revendeurs partenaires à valeur ajoutée. Il se pourrait que les distributeurs aient des droits exclusifs en matière de vente dans certains pays ou certaines régions, ou encore que ceux-ci se spécialisent dans la fourniture de solutions dans certains marchés verticaux. Cela crée un secteur en aval très fragmenté dans lequel les activités de bonification de la valeur ont lieu à plusieurs niveaux (p. ex., par les exploitants puis par des entreprises spécialisées/des instituts de recherche, tout dépendamment des besoins particuliers de l'utilisateur final. Les revenus totaux pour les services à valeur ajoutée sont estimés entre 2,2 et 2,5 milliards de dollars US en 2013.

Tel qu'illustré au tableau 3, l'ensemble du marché des services satellitaires est touché par d'importants changements techniques et organisationnels ayant une incidence sur la dynamique de l'offre et de la demande.

TABLEAU 3 : TENDANCES CLÉS AU SEIN DU MARCHÉ DES SERVICES SATELLITAIRES

DYNAMIQUE DE LA DEMANDE	DYNAMIQUE DE LA CONCURRENCE
COMMUNICATIONS	
<ul style="list-style-type: none"> Des technologies perturbatrices modifient l'aspect économique du secteur des satellites : satellites grande capacité, charges utiles souples et numériques, propulsion électrique, systèmes au sol souples, etc. Forte croissance des services de transmission de vidéo et de données dans les régions émergentes. Ralentissement des facteurs ayant stimulé la croissance dans le passé (p. ex., nouvelles plateformes de radiodiffusion directe, MILSATCOM). Nouvelles normes vidéo et de communications (HD, 4K, 3G/4G, etc.). Le coût des transmissions doit être moindre pour stimuler la croissance. Élaboration d'un nouveau service, comme les communications aéronautiques, les applications machine à machine (M2M) ou l'identification automatique des navires (SIA). 	<ul style="list-style-type: none"> L'industrie demeure fortement concentrée. Les entreprises américaines sont à nouveau présentes sur le marché commercial de la fabrication après s'être concentrées pendant plusieurs années sur les activités du gouvernement des É.-U. De nouveaux venus dans le secteur des activités satellitaires et de la fabrication, issus d'économies non-occidentales, émergent comme nouveaux compétiteurs aux fournisseurs commerciaux traditionnels. Accroissement de la convergence entre les systèmes satellitaires (fixes et mobiles) découlant de l'évolution des technologies terrestres et satellitaires, laquelle convergence a une incidence sur le modèle d'affaires des exploitants de satellites. Partenariats novateurs, intégration verticale et consolidation tout le long de la chaîne de valeur.
NAVIGATION	
<ul style="list-style-type: none"> La modification de l'environnement technologique exige des innovations constantes. La réglementation pousse en faveur de l'utilisation de GNSS. Les services de localisation constitueront le segment de marché le plus important, dépassant même celui des applications de transport routier, puisque les téléphones intelligents sont de plus en plus utilisés dans les voitures. Accroissement de l'utilisation des systèmes de renforcement satellitaire dans les produits de navigation destinés au marché de l'agrément. Adoption d'applications intégrées combinant le GNSS et l'observation de la Terre. 	<ul style="list-style-type: none"> L'élaboration de dispositifs multiconstellations autorise un rendement et une disponibilité accrues. Environnement hautement concurrentiel pour les appareils qui innovent et qui sont rapidement intégrés dans la chaîne de valeur. De nombreuses plateformes comprennent une capacité GNSS intégrée, comme les caméras numériques, les ordinateurs portables, des montres, et des dispositifs de suivi personnel. Le déclin du marché des systèmes de suivi personnel pour automobiles a amené plusieurs grands joueurs de l'industrie à utiliser leurs ressources (p. ex., leurs cartes et leurs données sur la circulation) pour devenir des fournisseurs de services.
OBSERVATION	
<ul style="list-style-type: none"> La défense demeure le principal marché pour les données commerciales d'OT, stimulé par les besoins en matière de solutions commerciales à très haute résolution. La demande en données SAR est axée sur les applications maritimes et la défense; le coût des données constitue toujours un obstacle à une expansion accrue. L'émergence de nouveaux acteurs commerciaux (p. ex., Skybox Imaging) qui concentrent leurs activités sur la résolution temporelle (réobservations) pourrait ouvrir de nouveaux marchés (p. ex., renseignements sur le marché/les activités). La croissance des marchés de données commerciales nord-américain et européen a ralenti au cours des dernières années, notamment en raison d'une diminution des dépenses gouvernementales. La croissance dans d'autres régions (Asie, Amérique latine, etc.) demeure dans les deux chiffres. 	<ul style="list-style-type: none"> La commercialisation de données issues de systèmes privés, par un nombre croissant de pays, contribue à faire croître la base d'approvisionnement globale. Le nombre croissant de fournisseurs oblige les exploitants commerciaux à se démarquer au sein du marché. Les ensembles de données gratuits ou à coût moindre (p. ex., données Landsat, Copernicus Sentinels) pourraient ouvrir de nouveaux marchés à valeur ajoutée, mais ces derniers pourraient également avoir des répercussions négatives sur les ventes de données. Les fournisseurs de données commerciales élargissent leur empreinte en matière de ventes effectuées par le biais de réseaux de distribution de données en nouant des partenariats avec des fournisseurs locaux de services pour la prestation locale de solutions.

LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN

1. ACTIVITÉS SPATIALES GOUVERNEMENTALES AU CANADA

1.1 UN NOUVEAU CADRE STRATÉGIQUE

En 2012, le gouvernement a entrepris un examen approfondi des programmes et des politiques des secteurs de l'aérospatiale et de l'espace. Les résultats de cet examen, aussi désigné « Rapport Emerson »², a mené à la diffusion d'un nouveau Cadre de la politique spatiale en 2014³, lequel présente les grands objectifs nationaux du programme spatial et propose la création d'un conseil consultatif sur l'espace pour fournir au gouvernement des conseils d'experts sur le rôle et l'avenir du Canada dans l'espace. Les cinq principes directeurs qui guideront les activités du Canada dans l'espace, qui figurent ci-dessous et qui sont énoncés dans le Cadre de la politique spatiale, orienteront les priorités et définiront les secteurs dans lesquels des mesures devront être prises. Afin de mettre en œuvre le nouveau Cadre de la politique spatiale, une nouvelle approche de gouvernance à intervenants multiples a été mise sur pied afin d'améliorer la supervision, surveiller les progrès réalisés et fournir des points de vue indépendants au sujet des programmes spatiaux gérés par le gouvernement du Canada.

FIGURE 9 : APPROCHE GOUVERNEMENTALE AUX ACTIVITÉS SPATIALES (2014)

CADRE DE LA POLITIQUE SPATIALE DU CANADA			
Principes	1. Les intérêts canadiens d'abord		
	2. Le positionnement du secteur privé à l'avant-plan des activités spatiales		
	3. Le progrès grâce aux partenariats		
	4. L'excellence dans les capacités clés		
	5. Une source d'inspiration pour les Canadiens		
Champs d'action	Commercialisation	Recherche et développement	Exploration spatiale
	Administration, gestion et reddition de comptes		

Source : ASC

En parallèle, d'autres initiatives stratégiques menées par le gouvernement influenceront l'orientation des activités spatiales au Canada. Par exemple, en décembre 2014, le gouvernement a dévoilé une stratégie mise à jour en matière de sciences, de technologie et d'innovation (STI)⁴. Cette nouvelle stratégie a ajouté les activités de fabrication de pointe aux priorités de STI et elle a intégré l'automatisation à la robotique, à l'aérospatiale et à la nanotechnologie, qui sont trois des sept⁵ secteurs d'intérêt en fabrication de pointe qui revêtent une importance stratégique pour le Canada. Ces objectifs appuient et mettent en œuvre certains principes stratégiques sur l'espace, comme le développement de l'excellence dans les capacités clés.

Le ministère de la Défense nationale (MDN) et les Forces armées canadiennes (FAC) possèdent une politique spatiale depuis 1992. Récemment, une Politique spatiale de la Défense nationale a été ébauchée⁶ afin d'appuyer les six principaux secteurs de mission définis dans la Stratégie de défense « Le Canada d'abord ». Cette nouvelle politique spatiale de la Défense témoigne de l'importance stratégique

de l'espace pour le MDN/les FAC et elle souligne l'importance, pour le Canada, de mettre en place une approche pangouvernementale et globale et de chercher des occasions de coopération avec ses alliés clés. En renforçant l'idée selon laquelle les FAC doivent avoir un accès garanti aux capacités spatiales pour réussir leurs opérations, la stratégie énonce les trois objectifs globaux suivants :

- > livrer et maintenir des effets sur le plan spatial, p. ex. : commandement, contrôle, communications, informatique, renseignement, surveillance et reconnaissance⁷;
- > intégrer les effets sur le plan spatial;
- > assurer le libre cours des opérations spatiales.

1.2 PRINCIPAUX MINISTÈRES PRENANT PART AUX ACTIVITÉS SPATIALES

C'est au ministre de l'Industrie qu'incombe la responsabilité de concevoir et de mettre en œuvre les politiques et les programmes spatiaux canadiens. C'est aussi lui qui est responsable de l'Agence spatiale canadienne (ASC) et des autres organismes de son portefeuille qui mènent des activités en lien avec l'espace, dont le Centre de recherches sur les communications Canada (CRC) et le Conseil national de recherches Canada (CNRC).

L'ASC agit à titre d'organisme gouvernemental responsable de l'espace, en collaboration avec d'autres ministères, des organisations privées, des universités et des partenaires internationaux. C'est aussi elle qui est chargée d'appuyer le ministre dans la coordination de l'ensemble des politiques et des programmes spatiaux fédéraux. Afin d'appuyer la mise en œuvre de la politique spatiale, l'ASC a comme priorités immédiates de poursuivre la mise en œuvre des décisions du gouvernement relatives aux missions phares tels la Mission de la Constellation RADARSAT (MCR) et le projet de la Station spatiale internationale pour lequel le Canada a réitéré son engagement jusqu'en 2020. Hormis les missions phares, l'ASC continuera d'appuyer la participation du Canada à des missions internationales, comme la mission Surface Water and Ocean Topography (SWOT) réalisée conjointement par la NASA et le CNES. Le développement des capacités spatiales du Canada, au moyen d'investissements dans les premières étapes du développement technologique, et la fourniture d'occasions de vol et l'appui à la formation d'employés hautement qualifiés (EHQ) dans les secteurs qui assureront l'avenir du Canada constitueront également d'importantes priorités pour l'ASC au cours des cinq prochaines années. Le tableau 4 présente une description des principaux projets spatiaux en cours d'élaboration.

Le MDN occupe une place de plus en plus grande au sein du programme spatial national, ce qui témoigne de la priorité accrue accordée à la sécurité nationale et à la souveraineté. Les programmes de la Défense contribuent principalement à satisfaire les besoins du Canada en matière de sécurité et à assurer l'accès aux réseaux de communications sécurisés et la surveillance de ces derniers par la combinaison de ressources nationales et internationales. Ceci a mené à la création du poste de Directeur général – Espace (DG Espace). Le MDN a entrepris un plan pour le moins ambitieux axé sur l'Arctique et la sécurité maritime visant le développement des capacités en communications, en renseignement, en surveillance et en reconnaissance.

Le Centre canadien de télédétection (CCT) et le Centre canadien de météo spatiale de Ressources naturelles Canada reçoivent, traitent et diffusent des données de télédétection pour le compte du Canada, et ils émettent des prévisions de météo spatiale.

Les autres ministères participent de plus en plus aux activités liées à l'espace, principalement à titre d'utilisateur et, dans certains cas, en qualité de fournisseurs de services. C'est notamment le cas d'Environnement Canada et de Pêches et Océans Canada (pour de plus amples détails, voir la page 44).

TABLEAU 4 : EXEMPLES DE GRANDS PROJETS SPATIAUX EN COURS DE RÉALISATION PAR LE GOUVERNEMENT DU CANADA*

FONDS ACCORDÉS PAR LE GOUVERNEMENT	NOM DU PROGRAMME	APPLICATION	CARACTÉRISTIQUES
>1 G\$	Station spatiale internationale	Exploration et sciences spatiales (civil)	La contribution canadienne à l'ISS comprend le télémanipulateur de la station spatiale, la base mobile et le système Dextre. Maintenant que l'assemblage de l'ISS est terminé, les participants se concentreront sur l'utilisation du complexe orbital pour la réalisation d'expériences scientifiques. Engagement confirmé jusqu'en 2020.
	Mission de la Constellation RADARSAT (MCR)	Observation de la Terre (mission double)	Évolution du programme RADARSAT ayant pour but d'assurer la pérennité des données ainsi que l'usage opérationnel accru des radars à synthèse d'ouverture (SAR) et du Système d'identification automatique (SIA). Lancement prévu en 2018.
De 500 M\$ à 1G\$	MILSATCOM protégé	Communications (Défense)	MILSATCOM protégé est le nom de la participation canadienne au système Advanced Extremely High Frequency (AEHF) de l'U.S. Air Force. L'entente porte sur une période de 12 ans dans le cadre d'un partenariat avec les É.-U., le R.-U., le Canada et les Pays-Bas. Trois des six satellites ont été lancés en 2013.
De 100 M\$ à 500 M\$	Mercury Global	Communications (Défense)	Le projet Mercury Global est le nom donné à la participation du Canada au système Wideband Global Satellite Communications System (WGS) des É.-U. Le MDN a signé une entente avec le DoD des É.-U. pour un accès de 20 ans au système WGS en contrepartie du financement d'un satellite de la constellation (6 satellites déjà lancés, 4 autres à venir).
	Polar Epsilon 2	Observation de la Terre (Défense)	Le MDN prévoit élaborer une infrastructure permettant la collecte, le traitement, l'utilisation et la diffusion de données SAR de la MCR et de données du SIA. Ce projet sera achevé en 2018.
	Télescope James Webb	Exploration et sciences spatiales (civil)	Projet piloté par les É.-U. (NASA) et successeur au télescope spatial Hubble. Le Canada fournit le détecteur de guidage de précision (FGS) ainsi que l'imageur dans le proche infrarouge et spectrographe sans fente (NIRISS). Lancement prévu en 2018.
De 50 M\$ à 100 M\$	SAPPHIRE	Sécurité spatiale (Défense)	Lancé en 2013, le satellite Sapphire surveille 24 heures par jour les objets spatiaux qui évoluent sur des orbites comprises entre 6 000 et 40 000 kilomètres d'altitude. Ce satellite constitue la contribution du Canada au système international de surveillance spatiale.
	OSIRIS-Rex	Exploration et sciences spatiales (civil)	Mission des É.-U. (NASA) visant à ramener sur Terre un échantillon de l'astéroïde Bennu. La contribution du Canada revêt la forme de l'altimètre laser OSIRIS-REx (OLA). Lancement prévu en 2016.
	CASSIOPE	Exploration et sciences spatiales (civil)	Premier satellite hybride canadien à mener une double mission dans les domaines des télécommunications et de la recherche scientifique (surtout en spatiométéorologie). Satellite lancé en 2013.
De 10 M\$ à 50 M\$	NEOSSAT	Sécurité spatiale (mission double)	Premier télescope spatial au monde permettant de détecter et de poursuivre des astéroïdes, des objets spatiaux et des débris orbitaux. Satellite lancé en 2013 et financé conjointement par l'ASC et RDDC.
> 10 M\$	Astro-H	Exploration et	Mission japonaise (JAXA) axée sur l'étude et l'exploration d'objets astrophysiques, de l'univers non thermique, de la

		sciences spatiales (civil)	structure de l'univers et de l'évolution de ce dernier. Le Canada a fourni le Système canadien de métrologie du satellite ASTRO-H (CAMS). Lancement prévu en 2015.
	M3MSAT	Communications (mission double)	Cette mission a pour objectif de mettre au point des capacités multimissions et d'en faire la démonstration, et de permettre l'optimisation de la charge utile de SIA pour l'identification du trafic maritime. Lancement prévu en 2015.

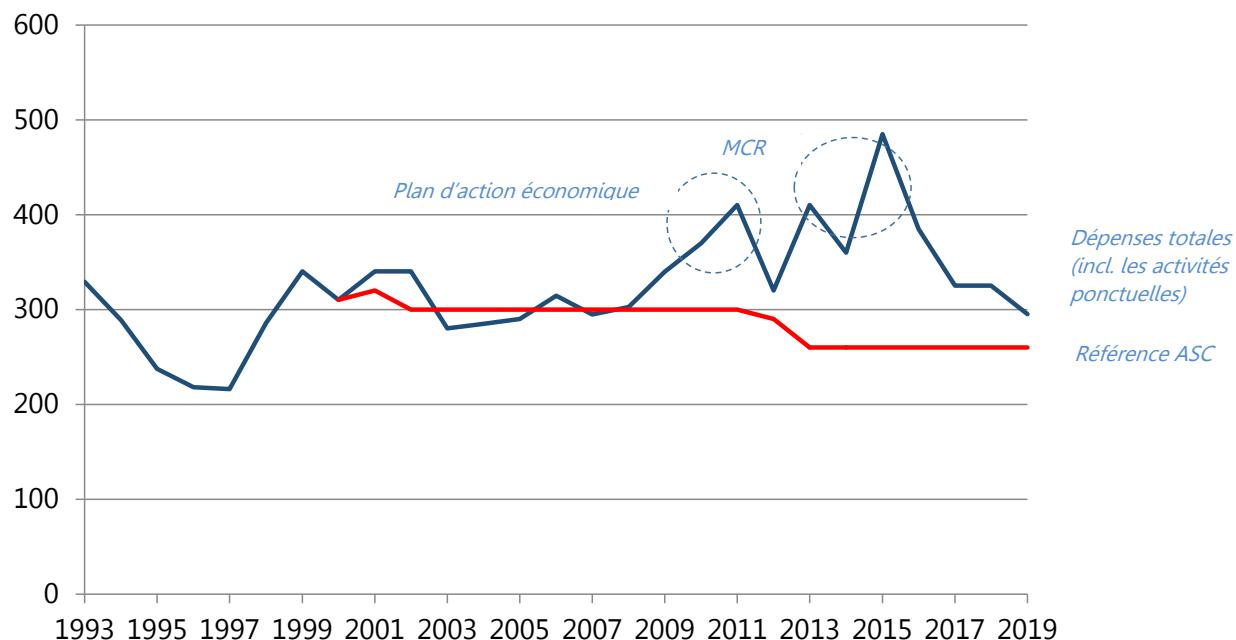
* Lancé, financé ou approuvé

1.3 L'ORIENTATION DES PROGRAMMES TÉMOIGNE D'UNE APPROCHE DE FINANCEMENT SÉLECTIF

Les dépenses effectuées par le gouvernement canadien dans le secteur spatial découlent d'un financement combiné de programmes civils et des engagements du MDN à investir dans des biens spatiaux. Même si les autres ministères engagent des dépenses dans le domaine spatial, il est ardu d'estimer les niveaux de dépense lorsque la composante spatiale est intégrée dans le cadre d'activités plus vastes. Ainsi, aucune information de ce type n'était disponible pour la rédaction du présent rapport. Les investissements effectués par l'ASC constituent la référence pour les dépenses civiles. Les niveaux de financement des activités spatiales du MDN ne sont pas publics, mais on estime que ceux-ci représentent plus ou moins 50 % des dépenses globales du gouvernement canadien dans le domaine spatial en 2013.

En 1999, le gouvernement a décidé d'accorder à l'ASC un budget de services votés stable de 300 millions de dollars par année, lui laissant ainsi une certaine souplesse pour entreprendre de nouvelles activités et remédier sur une base continue aux pressions appliquées sur les programmes. Au cours des dix années qui ont précédé 2009, le programme spatial civil du Canada a profité de ce financement stable. Ensuite, le budget a graduellement augmenté pour atteindre environ 400 millions de dollars en 2014. Cette augmentation du budget découle de différentes allocations ponctuelles accordées dans le cadre d'initiatives de stimulation, y compris des initiatives en robotique spatiale lancées dans le cadre du Plan d'action économique de 2009, et des fonds alloués à la MRC depuis 2010. Toutefois, comme le montre la figure 10, ces investissements sont cycliques et masquent le fait que depuis 2012, le budget de services votés de l'ASC suit une courbe descendante, de moins en moins de fonds étant accordés aux activités spatiales civiles. Ces projets de grande envergure ont accaparé une grande partie des fonds de l'ASC, en laissant très peu pour assurer la souplesse prévue en 1999, lorsque le budget stable de 300 millions de dollars a été instauré.

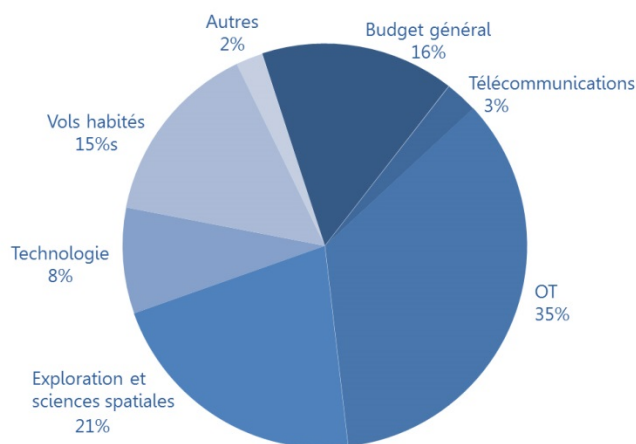
**FIGURE 10 : BUDGET DESTINÉ AUX PROJETS SPATIAUX CIVILS DU CANADA
DE 1993 À 2014 (EN M \$ CAN)**



Source : ASC

Les modes de financement reflètent la stratégie de créneau visant à concentrer les efforts du Canada dans quelques technologies spatiales stratégiques. À ce titre, au cours des cinq dernières années, l'observation de la Terre a accaparé, en moyenne, 42 % des fonds alloués à l'ASC. Le secteur des sciences et de l'exploration arrive au deuxième rang avec 26 %, et les vols spatiaux habités, troisièmes avec 18 %. Le secteur des technologies et des télécommunications par satellite ont obtenu des allocations encore plus limitées, soit l'équivalent de 10 % du budget annuel de l'ASC chacun (voir la Figure 11). Ainsi, le Canada tend à affecter une forte proportion de ses investissements civils dans des activités scientifiques et technologiques, tandis que l'observation de la Terre constitue le noyau des programmes d'applications satellitaires. Plusieurs pays qui présentaient des profils d'investissement similaires ont décidé au cours des dernières années de se tourner davantage vers une plus vaste gamme de programmes d'applications afin de stimuler les possibilités d'affaires se présentant à leurs industries (p. ex., le R.-U., l'Allemagne et le Japon).

FIGURE 11 : DÉPENSES DU CANADA DANS DES ACTIVITÉS SPATIALES CIVILES, PAR APPLICATION, DE 2009 À 2014



Source : ASC

1.4 LA POSITION DU CANADA AU SEIN DES ACTIVITÉS SPATIALES GOUVERNEMENTALES MONDIALES EST EN DÉCLIN

Les deux attributions de fonds ponctuelles qui ont eu lieu au cours des cinq dernières années ont permis au Canada de maintenir sa part dans les investissements mondiaux. Toutefois, comme l'illustre la figure 12, après que le Canada se soit engagé à financer la MCR, la part du Canada pourrait diminuer à l'échelle mondiale vu l'évolution du financement de base de l'ASC.

Depuis 2013, le Canada ne figure plus parmi les 10 pays qui investissent le plus. Le R.-U., l'Inde et l'Allemagne ont tous investi davantage que le Canada dans leurs programmes spatiaux. Lorsque l'on tient compte uniquement des activités civiles, le Canada engage aujourd'hui, dans l'absolu (c.-à-d., en dollars) un niveau de financement comparable à celui du Brésil ou de la Corée du Sud. En analysant les efforts d'investissements nationaux en tant que proportion de l'économie nationale (PIB) ou par habitant, le Canada n'est définitivement pas à la tête du peloton. Il se classe derrière des pays qui ont mis en place, ou qui aspirent à mettre en place, un certain niveau de leadership mondial ou régional. En outre, et tel qu'illustré à la Figure 13, le rapport entre le budget spatial et le PIB du Canada est bien inférieur à la moyenne mondiale.

FIGURE 12 : PART DE L'INVESTISSEMENT DU GOUVERNEMENT CANADIEN DANS LES INITIATIVES SPATIALES CIVILES, PAR RAPPORT AU TOTAL MONDIAL

2004-2013 (EN %)

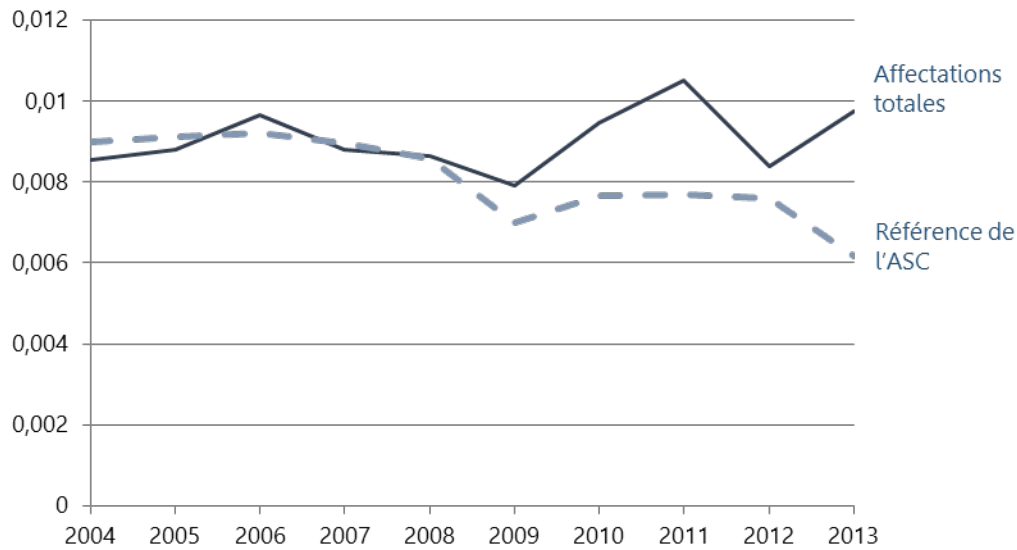
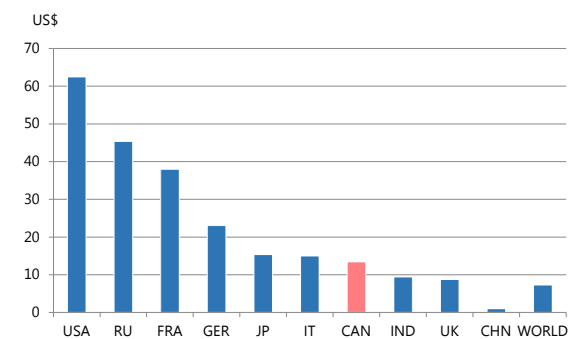


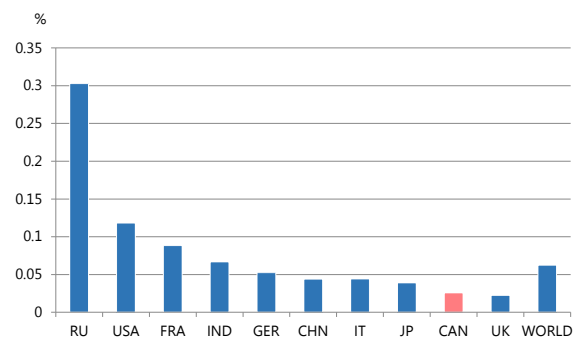
FIGURE 13 : COMPARAISON DU BUDGET DU CANADA PAR RAPPORT AUX 10 PLUS GRANDS PROGRAMMES SPATIAUX DU MONDE

PROGRAMMES CIVILS SEULEMENT (2013)

DÉPENSES PAR HABITANT



DÉPENSES PAR RAPPORT AU PIB



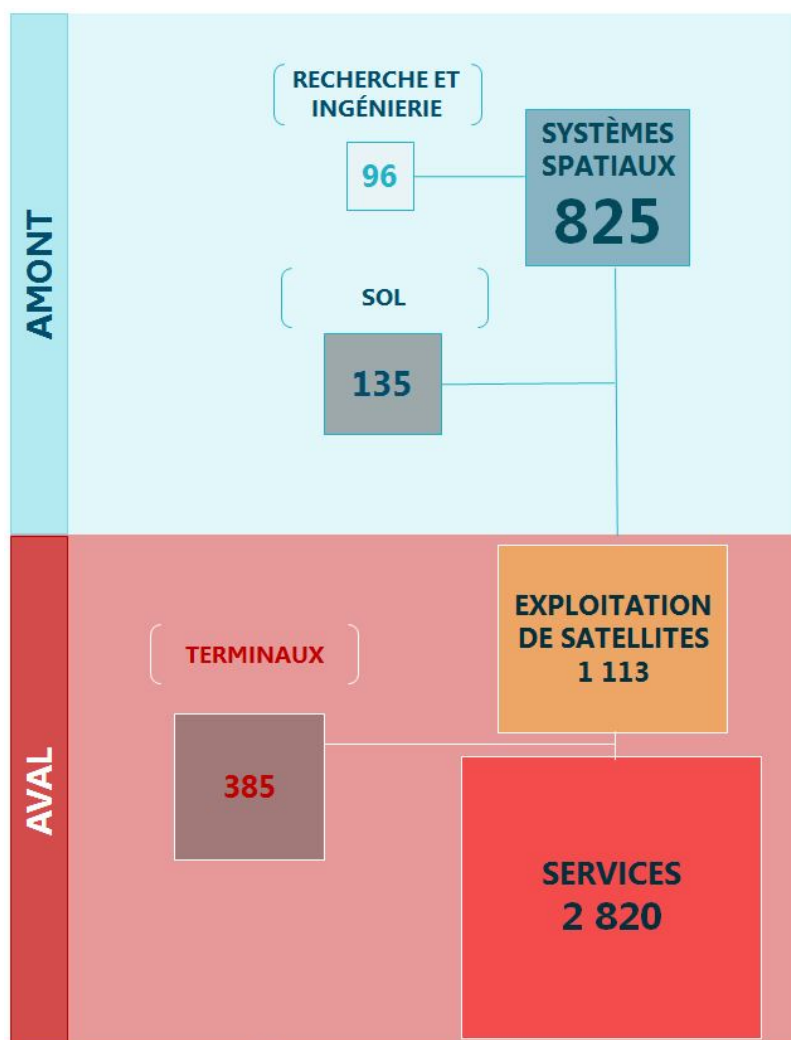
Source : Euroconsult

2. L'INDUSTRIE SPATIALE AU CANADA

2.1 CHAÎNE DE VALEUR DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Le secteur spatial canadien comprend plus de 200 organisations (dont 150 entreprises privées et 50 universités) qui œuvrent à différents niveaux dans la chaîne de valeur et qui emploient 9 784 personnes dans divers postes hautement spécialisés. En tenant compte des activités canadiennes de radiodiffusion par satellite, on estime que ce secteur a engrangé des revenus cumulatifs de 5,37 milliards de dollars en 2013 (si l'on exclut la radiodiffusion par satellite, les revenus sont estimés à 2,63 milliards de dollars). Toutefois, il ne faut pas croire que ces revenus représentent la valeur économique consolidée de l'industrie spatiale canadienne, ce qui est l'objectif de l'étude d'impact économique visé par le prochain chapitre du présent rapport. Les revenus cumulatifs sont néanmoins un important indicateur économique de l'activité commerciale émanant du secteur spatial canadien.

FIGURE 14 : CHAÎNE DE VALEUR DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN EN 2013 (EN M\$)



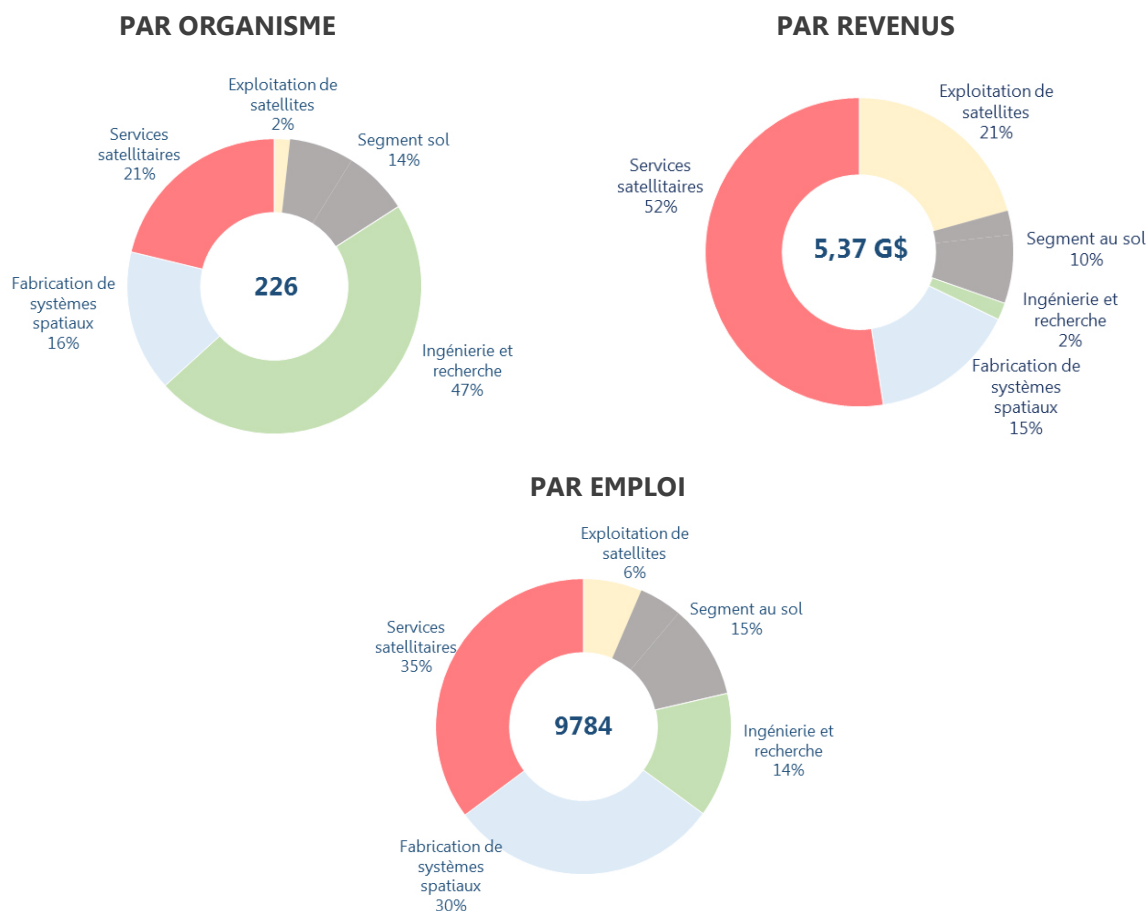
Source : ASC et Euroconsult

Tel qu'illustré dans la figure 15, en 2013 les revenus provenant de l'industrie spatiale canadienne pouvaient être ventilés comme suit :

- > Services de recherche et d'ingénierie, fournis par 58 entreprises et 49 universités, ayant généré des revenus de 96 millions de dollars (1,8 % du total)
- > Activités de fabrication de systèmes spatiaux, réalisées par 35 entreprises, ayant généré des revenus de 825 millions de dollars (15,4 % du total)
- > Activités de fabrication de systèmes au sol, réalisées par 16 entreprises, ayant généré des revenus de 135 millions de dollars (2,5 % du total)
- > Activités satellitaires, menées par 4 entreprises, ayant généré des revenus de 1,1 milliard de dollars (20,7 % du total)
- > Fourniture de terminaux (par 16 entreprises) ayant généré des revenus de 385 millions de dollars (7,2 % du total)
- > Secteur des services (48 entreprises) ayant généré des revenus de 2,82 milliards de dollars (52 % du total); 90 % de ces revenus ont été produits par les activités de radiodiffusion par satellite.

Aucun revenu n'a été attribué aux services de lancement puisqu'aucune activité de lancement de satellite n'a lieu au Canada.

FIGURE 15 : TROIS INTERPRÉTATIONS POSSIBLES DE LA CHAÎNE DE VALEUR CANADIENNE

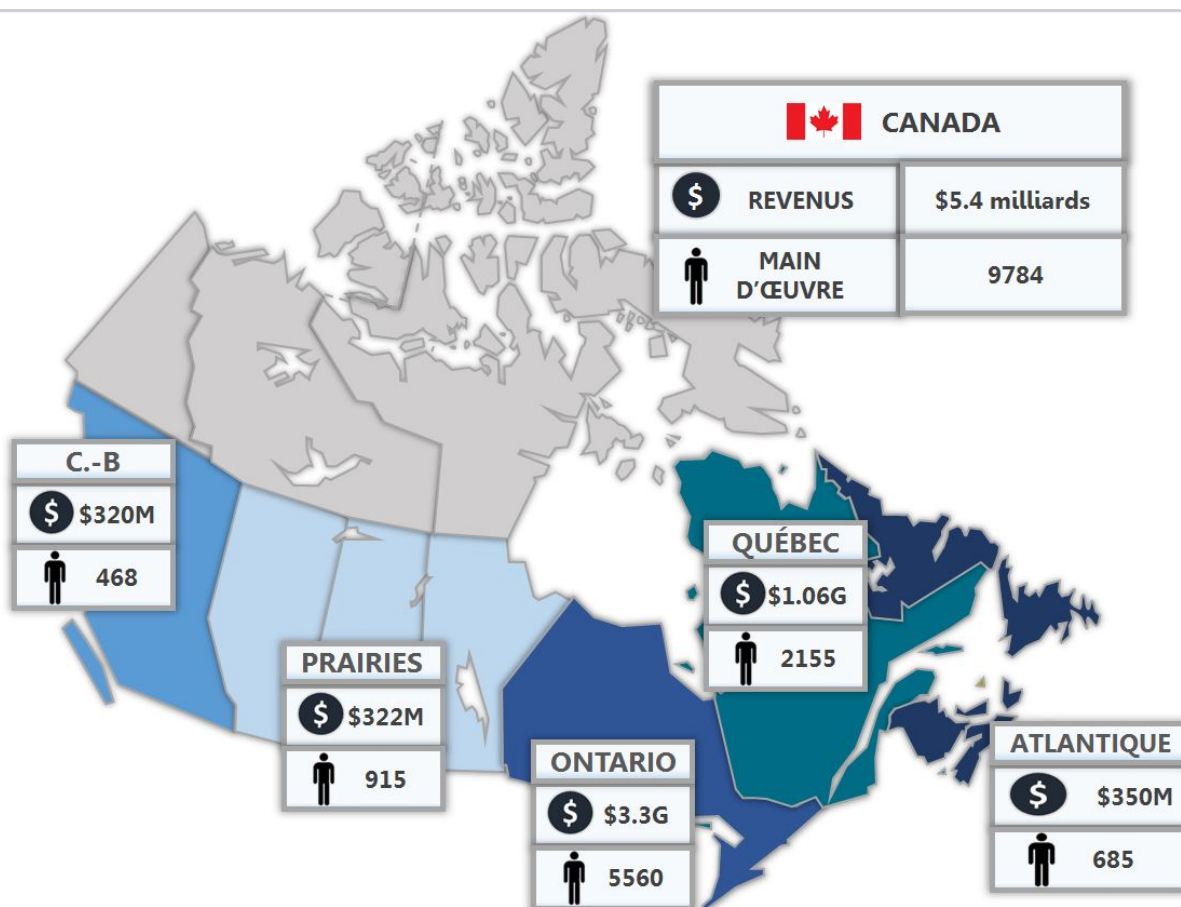


Sources : ASC et Euroconsult

2.2 EMPREINTE RÉGIONALE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

La figure 16 met en correspondance le secteur spatial canadien avec les différentes régions du Canada. Le secteur spatial canadien est ancré en Ontario, laquelle province a engrangé environ 60 % des revenus totaux et employé plus de 55 % de la main-d'œuvre en 2013. Ces résultats sont attribuables à une forte présence de fabricants de matériel spatial, d'exploitants de satellites et de fournisseurs de services, ainsi qu'à la présence d'une grappe d'universités menant des activités liées à l'espace. Le Québec constitue une autre plaque tournante de l'activité spatiale, cette province ayant engrangé environ 20 % des revenus de l'industrie et employé 22 % de la main-d'œuvre du secteur spatial canadien en 2013. Les revenus et les emplois sont équitablement répartis à l'échelle des régions, l'Alberta arrivant en tête de liste des Prairies, tandis que Terre-Neuve et le Nouveau-Brunswick se partagent la part du lion dans les Maritimes.

FIGURE 16 : DISTRIBUTION RÉGIONALE – SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)



Sources : Sondage annuel mené par l'ASC (2013) et Euroconsult.

2.3 STRUCTURE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Caractéristiques clés de la chaîne de valeur spatiale du Canada :

- > On peut dire que la chaîne de valeur spatiale canadienne a atteint sa pleine maturité. Chacun des segments de la chaîne de valeur génère des revenus supérieurs au segment qui le précède (c.-à-d., qu'une valeur est ajoutée à chacune des étapes). À cet égard, sa structure est comparable à celle de la chaîne de valeur spatiale mondiale. Cependant, il incombe d'indiquer que le segment canadien des services est relativement moins mature que le segment mondial. À l'échelle de la planète, le segment des services génère en moyenne 8 fois plus de revenus que celui de l'exploitation de satellites. Au Canada, la situation est différente puisque le segment des services ne génère que deux fois les revenus d'exploitation de satellites. Cette situation est en partie due à la présence d'un leader mondial au sein du segment d'exploitation de satellites (Télesat) qui engrange des revenus élevés comparativement à l'industrie des services.
- > L'industrie spatiale canadienne est fortement concentrée sur le plan des revenus : les 10 plus importantes entreprises produisent environ 90 % de l'ensemble des revenus; ce rapport reste inchangé, peu importe que l'on tienne compte ou non des revenus associés aux activités de diffusion, et il demeure stable dans le temps (le rapport étant pratiquement le même qu'il y a 10 ans).
- > L'industrie spatiale canadienne est moins concentrée sur le plan de l'emploi : les 10 plus importantes entreprises sur le plan des revenus emploient 71 % de la main-d'œuvre de l'industrie.
- > En 2013, le domaine des télécommunications par satellite a été celui qui a produit le plus de revenus pour secteur, avec 4,65 milliards de dollars (amont et aval), ce qui représente 87 % des revenus totaux de l'industrie. À l'instar du point précédent, le rapport est comparable lorsque l'on exclut les activités de radiodiffusion par satellite, et il est stable dans le temps.
- > Le secteur spatial canadien dépend essentiellement du marché commercial et du marché de l'exportation, desquels il dérive 86 % et 64 % de ses revenus, respectivement, excluant les services de radiodiffusion (qui portent exclusivement sur les services intérieurs et qui autrement déformeraient la réalité de la grande majorité des intervenants). Ces rapports sont très stables dans le temps.

La concentration de l'industrie canadienne et la part des télécommunications par satellite dans les revenus de l'industrie s'expliquent par la présence d'entreprises qui ont su s'imposer comme leaders dans différents segments du marché commercial des télécommunications par satellite duquel ils tirent des revenus considérables.

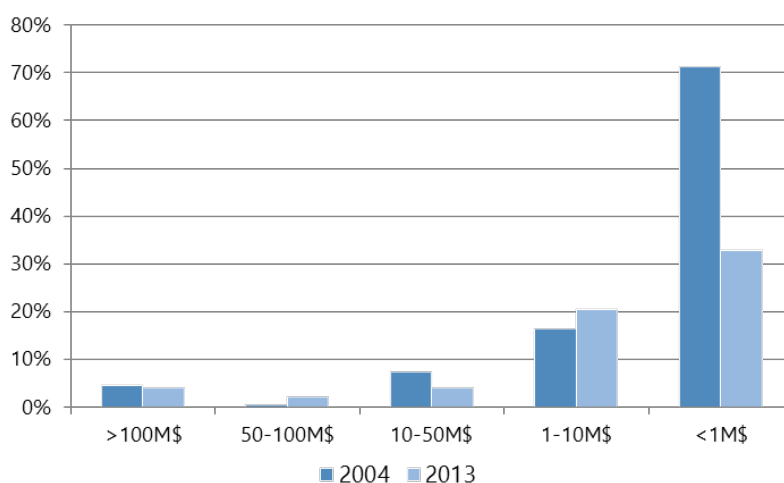
- > Pour ce qui est des systèmes spatiaux, MDA et COM DEV comptent pour non moins de la moitié des revenus totaux de ce secteur. Les deux entreprises se sont hissées au rang de chefs de file nationaux et sont les principaux fournisseurs de charges utiles, de systèmes et de sous-systèmes satellitaires. Leurs revenus tirés d'activités de fabrication sont essentiellement dérivés du secteur des télécommunications par satellite. En 2012, MDA a acquis l'entreprise américaine Space System/Loral, laquelle est le plus grand fabricant de satellites commerciaux au monde (les revenus de sa filiale américaine ne sont pas inclus dans la présente étude).
- > Pour ce qui est de l'exploitation de satellites, le Canada compte le quatrième plus important exploitant de services fixes par satellite en Télesat, lequel a lancé le premier satellite commercial en orbite géostationnaire (Anik A1, en 1972) et lequel exploitait 14 satellites à la fin de 2014. En 2013 Télesat a déclaré des revenus de 892,8 millions de dollars et un profit net de 68 millions de dollars. C'est connu, le secteur de l'exploitation de satellites exige de vastes investissements (d'importantes dépenses sont nécessaires pour financer l'acquisition de systèmes satellitaires) et nécessite peu de main-d'œuvre (les exigences en matière d'effectifs sont plutôt limitées en ce qui

concerne la gestion des opérations). Ceci explique la part plutôt faible d'emplois par rapport aux revenus qui sont associés à ce secteur d'activités spatiales.

- > Pour ce qui est du secteur des services, selon les estimations d'Euroconsult, seulement trois entreprises de radiodiffusion par satellite (Bell TV, Shaw Direct et XM Sirius Canada) produisent 90 % des revenus de ce secteur. Les services de radiodiffusion directe (SRD) et la radio par satellite constituent les plus importants marchés de consommation de l'industrie satellitaire, produisant la plus grande part de revenus à l'échelle de la planète. À cet égard, la structure du marché canadien n'est pas différente de celle des autres pays.

Hormis les 10 plus grandes entreprises, les 104 organisations restantes ayant fourni des renseignements détaillés à leur sujet ont déclaré des revenus spatiaux totaux de 536 millions de dollars et employé 2 967 personnes. Cela représente des revenus moyens de 5,1 millions de dollars et 30 employés par organisation. L'écart entre les dix principales entreprises et le reste de l'industrie témoigne de la précarité des activités spatiales pour bon nombre d'entreprises (souvent des PME ou des entreprises plus grandes, mais qui mènent des activités limitées sur le plan spatial) fournissant des services à quelques clients seulement (souvent liés à des programmes gouvernementaux) et dont les activités spatiales sont rarement récurrentes et qui ont de la difficulté à performer sur le marché de l'exportation. Bon nombre d'entreprises génèrent peu ou très peu de revenus liés au secteur spatial; 50 % des entreprises tirent moins de 10 millions de dollars en revenus de leurs activités spatiales. Cette proportion était supérieure il y a 10 ans (88 %), et environ la moitié des très petites entreprises n'ont pas été actives dans le créneau spatial depuis.

FIGURE 17 : RÉPARTITION DES ENTREPRISES PAR REVENUS



Sources : ASC et Euroconsult

Le secteur spatial canadien est caractérisé par la présence d'un grand nombre de PME (c.-à-d., des entreprises comptant moins de 500 employés). Ces PME comptent pour environ 90 % de toutes les organisations. Celles-ci oeuvrent principalement dans les segments de l'ingénierie, de la recherche et des services. En ce qui a trait à la fabrication, les PME maintiennent leur présence dans ce créneau, laquelle présence a vraisemblablement été stimulée par la demande émanant d'intégrateurs et de fabricants plus importants, en amont. Il incombe de souligner que bon nombre des 25 organisations reconnues comme étant de grandes entreprises comptent moins de 500 employés au Canada. Ces organisations sont toutefois des filiales d'imposantes multinationales. Ainsi, ces organisations n'ont pas été reconnues en qualité de PME puisqu'elles sont susceptibles de dériver des avantages en matière d'échelle, de financement et d'accès aux marchés grâce à leur société mère ou leurs propriétaires.

TABLEAU 5 : PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES (PME) AU SEIN DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)

SEGMENTS DE LA CHAÎNE DE VALEUR	ORGANISATIONS	PME (%)
INGÉNIERIE ET RECHERCHE	107	100 %
FABRICATION DE SYSTÈMES SPATIAUX	35	69 %
FABRICATION DE SYSTÈMES AU SOL	16	75 %
EXPLOITATION DE SATELLITES	4	50 %
FABRICATION DE TERMINAUX	16	63 %
SERVICES SATELLITAIRES	48	90 %
TOTAL	226	88 %

Sources : ASC et Euroconsult

2.4 DYNAMIQUE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Le secteur spatial canadien a vu ses revenus croître de façon constante au cours des 10 dernières années, passant de 3,21 milliards de dollars en 2004 à 5,37 milliards de dollars en 2013, avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 5,9 %. Malgré un contexte difficile influencé par l'économie mondiale et les finances publiques nationales, le secteur spatial canadien a maintenu une croissance positive de 3,7 % au cours des cinq dernières années, alors que l'économie canadienne n'a crû que de 1,8 % au cours de la même période.⁸ Les secteurs en aval et en amont affichent des différences marquées au niveau de leur dynamique en raison de la nature de leurs activités. De plus, même si le secteur spatial canadien est fortement axé sur les exportations et les activités commerciales, la situation peut varier de manière importante selon le positionnement des entreprises au sein de la chaîne de valeur :

Le secteur en amont varie de façon significative en fonction des applications :

- > Les entreprises manufacturières qui sont actives dans les marchés de l'observation de la Terre ou de l'exploration spatiale tirent entre 60 % et 70 % de leurs revenus des programmes gouvernementaux canadiens. À l'opposé, les entreprises manufacturières actives dans le marché des télécommunications par satellite tirent 95 % de leurs revenus d'activités commerciales.
- > Le secteur spatial en amont a connu une croissance globale nulle ou modérée (0 % au cours des 10 dernières années, et 2 % au cours des 5 dernières années).

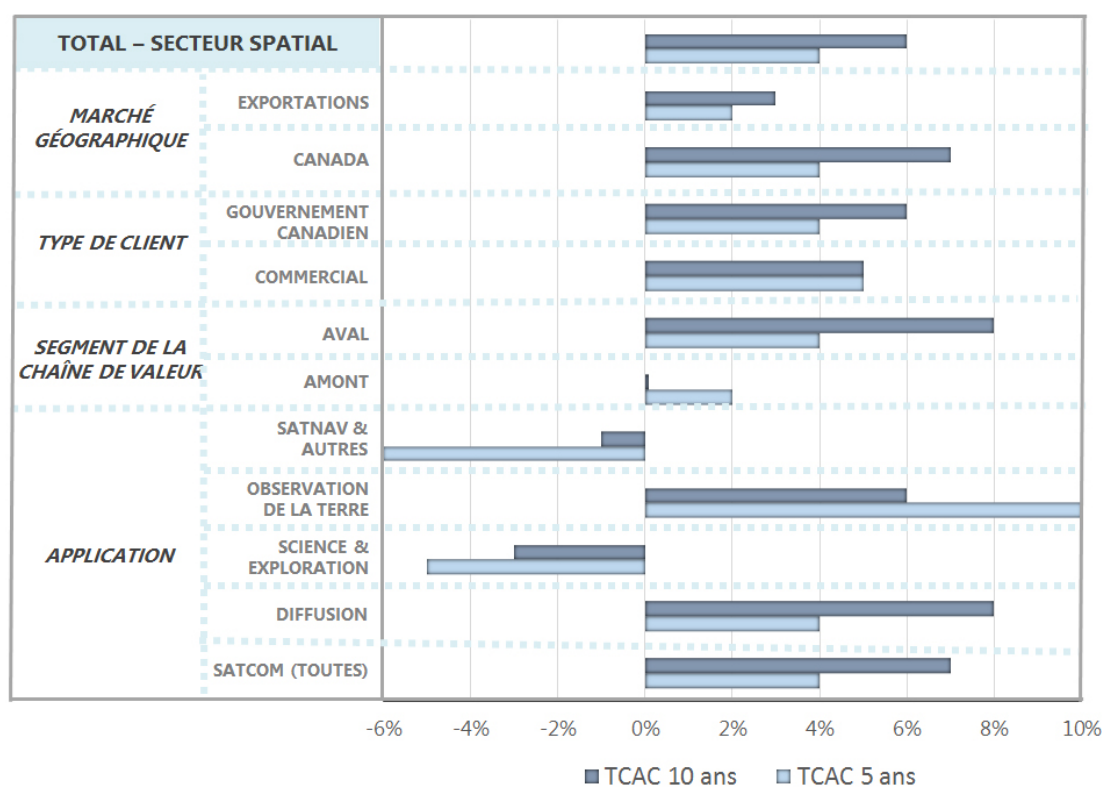
Le secteur en aval est beaucoup moins homogène que le secteur en amont puisqu'il compte un grand nombre de petites entreprises menant une vaste gamme d'activités axées sur des services.

- > Non seulement le secteur en aval génère-t-il la majeure partie des revenus, c'est aussi lui qui est le plus dynamique. Sa part des revenus totaux du secteur spatial canadien a augmenté au fil des ans, passant de 63 % en 2004 à 79 % en 2013 (un constat qui demeure même lorsqu'on exclut les revenus de radiodiffusion).
- > En aval, les entreprises sont davantage coupées du financement gouvernemental canadien, lequel ne compte que pour une infime partie de leurs revenus (en deçà de 5 %). Soixante pour cent (60 %) des revenus des entreprises qui œuvrent dans le secteur en aval sont produits au Canada, essentiellement par des clients commerciaux (consommateurs ou entreprises). L'autre 40 % provient des exportations, ici aussi largement dominées par le secteur privé.

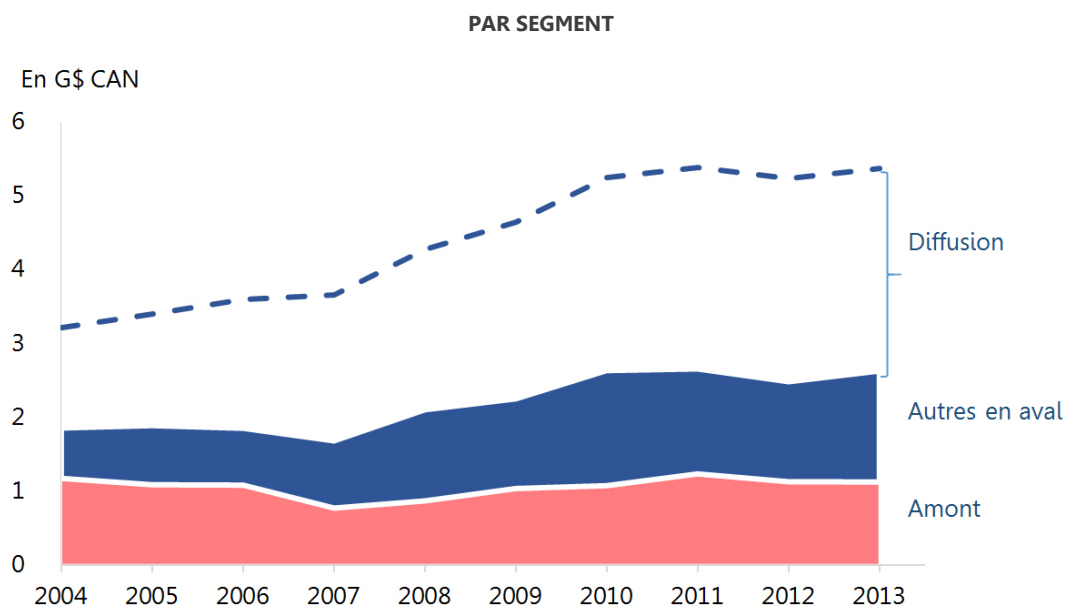
Tel qu'illustré à la Figure 18, les tendances clés par application comprennent les suivantes :

- > Les télécommunications par satellite (y compris les services de diffusion) génèrent la part du lion des revenus de l'industrie spatiale canadienne, et cette application est aussi la plus dynamique du marché.
- > L'observation de la Terre arrive au deuxième rang avec 7 % des revenus du secteur et une tendance de croissance positive grâce aux programmes continus du gouvernement (p. ex., RADARSAT) et des exportations internationales non négligeables.
- > La navigation par satellite a compté pour 5,2 % des revenus du secteur spatial canadien en 2013, lesquels revenus étaient essentiellement liés à des activités commerciales en aval puisqu'aucun programme d'importance n'est financé par le gouvernement du Canada dans ce domaine.
- > Les applications qui dépendent fortement des investissements gouvernementaux, comme celles de la science et de l'exploration, ont souffert en raison des budgets instables des dix dernières années. Les revenus engrangés par ces applications ont diminué au fil du temps.

FIGURE 18 : TENDANCES CLÉS EN MATIÈRE DE REVENUS (TCAC, 2004-2013)



Sources : ASC et Euroconsult

FIGURE 19 : TENDANCES EN MATIÈRE DE REVENUS, SECTEUR SPATIAL CANADIEN

Sources : ASC et Euroconsult

2.5 POSITIONNEMENT DU SECTEUR SPATIAL COMMERCIAL CANADIEN SUR LE MARCHÉ

Part du secteur spatial canadien dans le marché mondial de l'espace

À la lumière des revenus du secteur spatial canadien et des estimations portant sur la taille du marché mondial, on estime que l'industrie spatiale canadienne compte pour 1,96 % du marché mondial. Il s'agit d'un bon rendement puisque le programme spatial canadien ne représente que 0,9 % du financement gouvernemental civil total accordé aux activités spatiales. L'industrie spatiale canadienne génère sa plus grande part commerciale dans le segment de marché commercial d'amont (11 %), soit dans des activités essentiellement liées à la fabrication de satellites de communications.

TABLEAU 6 : TENDANCES ASSOCIÉES AUX MARCHÉS SPATIAUX ET PART DE MARCHÉ DU CANADA

SEGMENT DU MARCHÉ	TAILLE (EN G \$ US, 2013)	TCAC 5 ANNÉES ANTÉRIEURES	TCAC 10 PROCHAINES ANNÉES (PRÉVISION)	PART DE L'INDUSTRIE CANADIENNE (2013)
MARCHÉ GOUVERNEMENTAL MONDIAL	46*	1 %	1,3 %	0,98 %**
MARCHÉ COMMERCIAL MONDIAL	204	12 %	6,9 %	2,4 %
Amont	5	-6 %	1,8 %	11 %
Aval	199	13 %	7 %	1,9 %
TOTAL	250	8,9 %	6 %	1,96 %

Source : Euroconsult

*Estimé à 70 % des budgets gouvernementaux; **Incluant les contrats découlant d'activités gouvernementales canadiennes et étrangères.

Possibilités et obstacles pour le secteur spatial canadien

Le Canada possède une vaste expérience en matière de développement et d'utilisation de technologies satellitaires, et il est un pionnier de longue date dans ce créneau. Il :

- > a été le premier pays à exploiter un satellite national commercial (Anik) installé sur une orbite géostationnaire, en 1972;
- > a été le premier pays à déployer un service de radiodiffusion directe en 1978 grâce à Anik B;
- > a fait figure de pionnier dans le secteur de la mise au point de satellites SAR opérationnels;
- > est le pays qui offre depuis le plus longtemps et en continu des données de satellites radar opérationnels grâce à la série RADARSAT;
- > a été le premier pays à déployer un service de communication multimédia bidirectionnelle dans la bande Ka (30/20 GHz) destiné aux consommateurs en 2004 grâce à Anik F2;
- > a été le deuxième pays au monde à mettre au point un système de collecte et de diffusion de données SIA par satellite.

Cette expérience a été acquise au moyen d'une combinaison d'initiatives nationales élaborées par l'ASC avec l'appui d'autres ministères et de programmes de coopération (tels ceux de l'ESA). Ces initiatives et programmes de coopération ont permis l'émergence directe, au Canada, de chefs de file mondiaux le long de la chaîne de valeur, dont :

- > des technologies liées à des systèmes spatiaux, comme des antennes spatiales, des composants électroniques numériques destinés à un usage spatial (p. ex., MDA), des produits, des composants électroniques et des instruments de charges utiles (p. ex., COMDEV, ABB), et des solutions d'intégration de petits satellites (p. ex., Magellan, COMDEV, MDA);
- > des technologies de systèmes au sol, comme des systèmes radars au sol (p. ex., MDA, SED, Blackbridge) et des terminaux destinés aux utilisateurs finaux (p. ex., Advantech, Polarsat).
- > Le Canada compte le quatrième plus grand exploitant de SFS (Télésat), lequel a directement profité du patrimoine du programme Anik; il compte également le premier fournisseur de données de SIA satellitaires en exactEarth; et il compte l'un des principaux fournisseurs de services SAR commerciaux en MDA GSI (qui met à profit le patrimoine légué par le programme RADARSAT).
- > Encore plus en aval, cet investissement a été mis à profit par une myriade d'entreprises de services dans le développement d'une multitude de solutions satellitaires destinées à des clients nationaux et internationaux dans les domaines comme ceux des télécommunications, de la radiodiffusion, de la géomatique et des activités géospaciales.

Une bonne partie de cette expertise et du leadership commercial proviennent du financement que le gouvernement a accordé il y a 10 ou 20 ans. Plus récemment, le secteur spatial canadien a été confronté à d'importants défis suite au déclin des investissements dans les domaines comme ceux des télécommunications par satellite et de l'exploration spatiale, et au déclin des capacités, aux entreprises délaissant le secteur spatial, ou à l'affaiblissement de la position des entreprises canadienne au sein du marché mondial difficile et très concurrentiel. Le contexte difficile d'investissements gouvernementaux jumelé à l'environnement caractérisé par la croissance rapide du marché international entraîne une certaine part de risques potentiels à long terme; le Canada n'est plus un chef de file dans certains des domaines où il faisait récemment figure de pionnier.

Le manque d'investissement dans certains domaines, comme celui de la navigation par satellite, a entraîné une quasi-absence de relation entre l'industrie et les organismes gouvernementaux. Puisque le Canada ne possède pas de satellites de navigation en orbite (et qu'il utilise des systèmes de navigation par satellite appartenant à d'autres pays), le Canada a investi des sommes marginales dans les

applications de navigation par satellite alors que son industrie nationale développait des capacités pour répondre aux besoins nationaux grandissants (particulièrement en aval).

Les investissements axés sur les programmes, comme ceux ayant porté sur le Canadarm en exploration spatiale et pour RADARSAT en observation de la Terre ont été essentiels au développement des capacités clés dans des domaines précis (p. ex., en robotique et en imagerie SAR) et à la création de possibilités commerciales. Néanmoins, cette stratégie d'investissement a également favorisé la dépendance d'un segment de l'industrie envers les besoins et les cycles d'investissements du gouvernement. Cette situation marginalise également les entreprises non participantes sur le plan du soutien et du développement des capacités.

Bon nombre d'intervenants de l'industrie canadienne ont dû s'adapter à leur environnement compétitif et prendre des décisions d'affaires pour assurer ou consolider leur position. Ces décisions ont notamment porté sur de nombreux investissements dans de nouveaux créneaux technologiques, des acquisitions à l'étranger et des filiales :

- > En 2011, lunctus Geomatics a acquis les actifs de l'entreprise allemande RapidEye et elle a créé la société Blackbridge, un fournisseur de géoinformations intégrées. Cette société travaille présentement au déploiement de la deuxième génération de sa constellation de satellites.
- > En 2012, MDA a fait l'acquisition du fabricant américain Space Systems/Loral qui dominait alors le marché des satellites commerciaux de communications en orbite terrestre géostationnaire (GEO). Cette acquisition a propulsé MDA au rang de leader mondial en fabrication de satellites de communications.
- > Les grands fabricants canadiens de matériel spatial, y compris COM DEV, Neptec et MDA, ont établi des filiales (notamment au R.-U.) afin de diversifier leurs sources de financement et de R-D.

Aujourd'hui, bon nombre d'entreprises canadiennes prospères concentrent leurs activités sur le marché de l'exportation, lequel peut représenter plus de 90 % de leurs revenus, et dépendent peu des programmes et des activités de R-D gouvernementaux. Bien que cela puisse être interprété comme un signe de maturité commerciale, cela implique également une rupture entre l'industrie et le gouvernement. À long terme, cela pourrait compromettre la viabilité des activités ainsi que les capacités canadiennes qui ne sont pas harmonisées avec les besoins futurs du pays et avoir des conséquences éventuelles sur le plan de la souveraineté technologique.

L'EMPREINTE ÉCONOMIQUE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

1. RÉPERCUSSIONS SUR L'ÉCONOMIE CANADIENNE

Alors que les revenus donnent un aperçu intéressant de la taille globale du secteur spatial, une analyse plus approfondie est nécessaire pour évaluer les répercussions réelles du secteur spatial canadien sur l'économie nationale du Canada.

1.1 PORTÉE DE L'ÉVALUATION

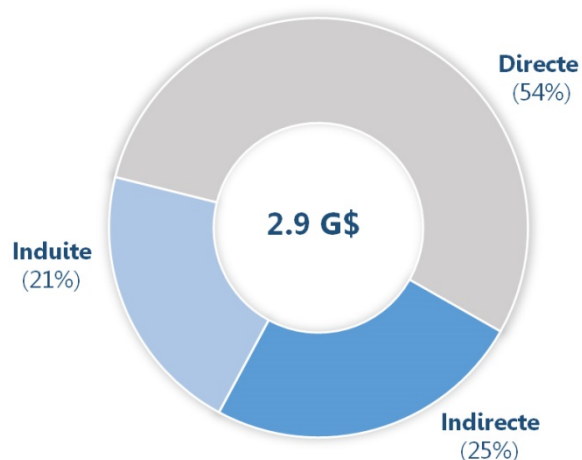
La contribution à l'économie nationale du Canada a été mesurée selon les trois indicateurs économiques clés suivants :

- > Le produit intérieur brut (PIB), qui représente la valeur marchande de tous les biens et services produits par les entreprises du secteur spatial au Canada au cours d'une période donnée. Le PIB, qui constitue une mesure de la valeur ajoutée ou de l'activité d'une industrie, correspond aux revenus totaux provenant de la vente de biens ou de services moins le coût des matériaux et des services consommés ou achetés au cours du processus de production (c.-à-d., profits et salaires).
- > L'emploi, en terme d'emplois à temps plein dans le secteur.
- > Les recettes fiscales gouvernementales – y compris les impôts prélevés sur les salaires, les impôts sur les sociétés et les taxes indirectes (comme les taxes de vente, les taxes d'accise et l'impôt foncier).

Afin d'évaluer les « répercussions totales » du secteur spatial en terme d'empreinte économique, les retombées économiques directes, indirectes et induites ont été évaluées au moyen d'un modèle utilisant les multiplicateurs économiques nationaux d'entrée-sorties de Statistique Canada. Les *retombées directes* mesurent les répercussions des ressources nationales déployées par le secteur spatial par rapport au PIB. Les sociétés du secteur spatial contribuent également à l'économie canadienne par le biais de liens avec les chaînes d'approvisionnement, lesquelles engendrent une activité économique en appui aux activités du secteur spatial. Ainsi, les *retombées indirectes* permettent d'évaluer le PIB à valeur ajoutée ainsi que les effectifs découlant de la demande du secteur spatial en produits intermédiaires et en services de soutien. Par exemple, les fabricants du secteur spatial encouragent l'activité économique dans certains secteurs, comme celui de la métallurgie et de la production de plastique et qui n'existeraient pas autrement sans la demande émanant du secteur spatial. En outre, les *retombées induites* donnent une estimation de la production nationale et de l'effectif soutenus par la dépense des salaires par les employés du secteur spatial et sa chaîne d'approvisionnement dans l'ensemble de l'économie.

1.2 CONTRIBUTION DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN AU PIB DU CANADA

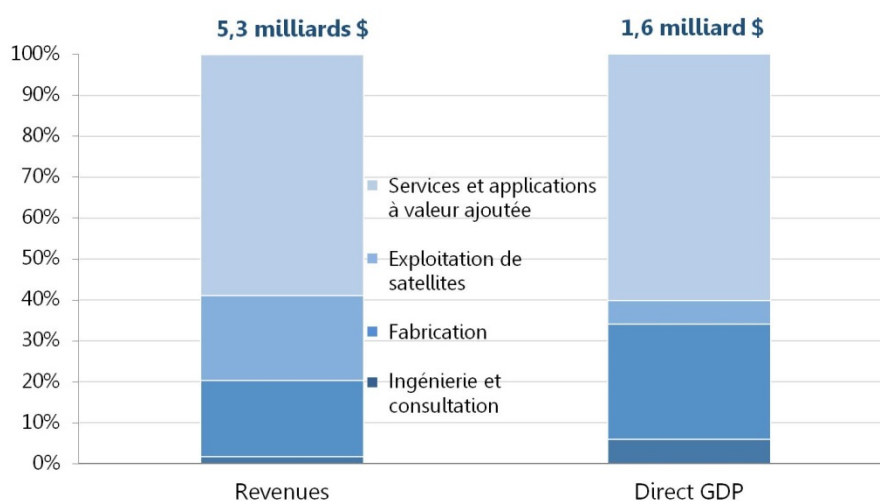
En 2013, la contribution globale du secteur spatial canadien au PIB du Canada a été d'environ 2,9 milliards de dollars, effets directs, indirects et induits compris. Cela représente 0,18 % du PIB canadien, lequel s'élevait à environ 1,6 billion de dollars en 2013.⁹

FIGURE 20 : CONTRIBUTION TOTALE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN AU PIB (2013)

Sources : ASC et Industrie Canada, Statistique Canada et Euroconsult.

Répercussions directes

Les revenus du secteur spatial canadien, qui s'élevaient à 5,37 milliards de dollars en 2013, se traduisent en contribution directe d'environ 1,6 milliard de dollars au PIB du Canada. Cette contribution directe est significativement moindre que les revenus totaux des entreprises faisant partie de la chaîne de valeur du secteur spatial puisque des ajustements ont été faits pour tenir compte des intrants intermédiaires dans la production et pour éliminer la double comptabilisation des revenus au sein de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie. Tel qu'illustré à la Figure 21, les fournisseurs de services à valeur ajoutée, qui englobent une vaste gamme d'entreprises utilisant des données et des signaux spatiaux pour fournir des services, sont les plus grands contributeurs au PIB du Canada. Leur contribution compte pour 60 % des répercussions du secteur. Bien que les exploitants de satellites engendrent des revenus de plus 1 milliard de dollars, leur contribution totale au PIB est plutôt limitée. Cela est dû en partie au fait que leurs recettes et leurs revenus d'exploitation sont grandement annulés par les dépenses d'immobilisation pour l'importation de biens intermédiaires (satellites) et du service sur la dette liée aux importations.

FIGURE 21 : REVENUS VS CONTRIBUTION DIRECTE AU PIB (2013)

Sources : ASC, Industrie Canada et Euroconsult.

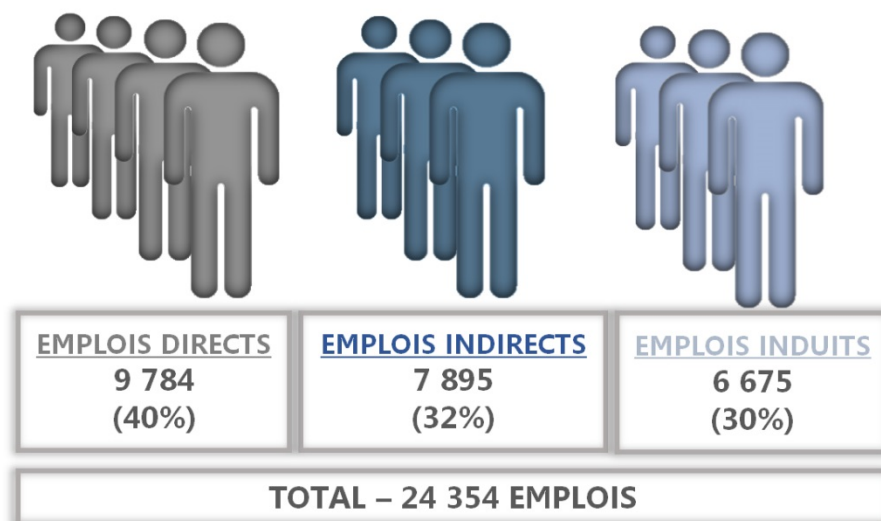
En 2013, les PME ont fourni environ 45 % de la contribution directe du secteur spatial au PIB canadien. Cette contribution est inférieure à la contribution moyenne de l'ensemble des PME au PIB canadien, laquelle atteignait 54 % en 2012. Toutefois, elle est similaire aux statistiques américaines (45 %) ¹⁰. Les fabricants, peu importe qu'ils fassent partie du secteur en amont ou du secteur en aval, contribuent également de façon importante au PIB du Canada, soit à hauteur d'environ 30 % de la contribution du secteur spatial en 2013. Les marchés d'exportation, particulièrement ceux des télécommunications par satellite, sont les principaux moteurs des fabricants du secteur spatial. Bien que les exportations canadiennes de biens manufacturés aient diminué au cours de la dernière décennie ¹¹, les exportations dans le secteur spatial ont augmenté au cours de la même période. Aujourd'hui, celles-ci comptent pour plus de 66 % des revenus des fabricants du secteur spatial.

Répercussions indirectes et induites

Outre les contributions directes au PIB du Canada, le secteur spatial canadien contribue indirectement à l'économie nationale par le biais de sa chaîne d'approvisionnement (répercussions indirectes) et par les dépenses engagées par les employés de sa chaîne d'approvisionnement et du secteur spatial (répercussions induites). En 2013, les effets indirects du secteur spatial canadien sur le PIB, qui représentent l'activité économique générée par sa chaîne d'approvisionnement, était évaluée à environ 710 millions de dollars. Les effets induits, qui représentent la contribution au PIB des employés appuyés directement et indirectement par le secteur spatial et qui dépensent leurs salaires à l'achat de biens et de services au sein de l'économie canadienne, ont fourni 600 millions de dollars de plus au PIB du Canada en 2013. À la lumière de ces résultats, le multiplicateur économique du secteur spatial canadien, défini comme étant la contribution totale (directe, indirecte et induite) du PIB, divisée par la contribution directe, était de 1,85 en 2013. Ce multiplicateur ne s'applique pas aux revenus totaux du secteur spatial. Aux fins de comparaison, Oxford Economics a déterminé que le multiplicateur du secteur spatial du R.-U. était d'environ 2,0 en 2009, mais celui-ci a utilisé les revenus en guise d'intrants, ce qui tend à gonfler les résultats. ¹² Le multiplicateur économique du segment manufacturier du secteur spatial canadien était supérieur à 2,0 en 2013, ce qui se compare avantageusement au secteur manufacturier aérospatial du Canada (environ 1,95). ¹³ Les fournisseurs de services et d'applications à valeur ajoutée, dirigés par la présence de grands télédiffuseurs par satellite, ont fourni plus de 55 % de la contribution à valeur ajoutée au PIB. Les sociétés manufacturières du secteur spatial contribuent également de façon importante à l'économie canadienne, leur contribution représentant plus de 30 % de celle du secteur spatial canadien au PIB.

1.3 CONTRIBUTION DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN À LA CRÉATION D'EMPLOIS AU CANADA

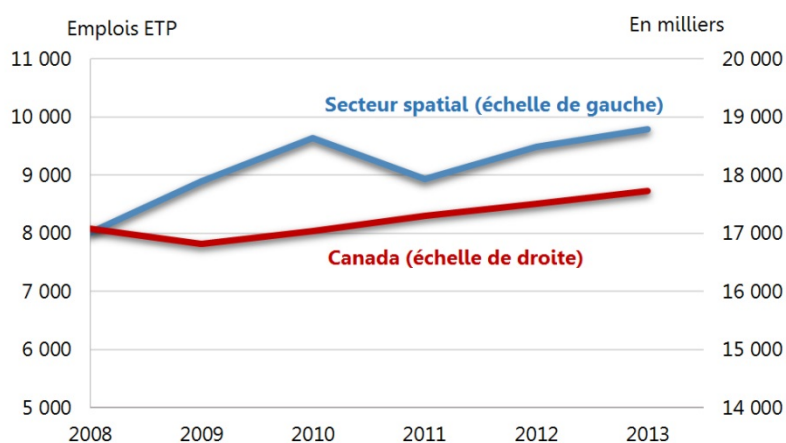
Lorsque l'on tient compte des effets directs, indirects et induits, le secteur spatial canadien a contribué au maintien d'environ 24 500 emplois au sein de l'économie canadienne en 2013.

FIGURE 22 : EMPLOIS TOTAUX CRÉÉS PAR LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)

Sources : ASC, Industrie Canada, Statistique Canada et Euroconsult.

Répercussions directes

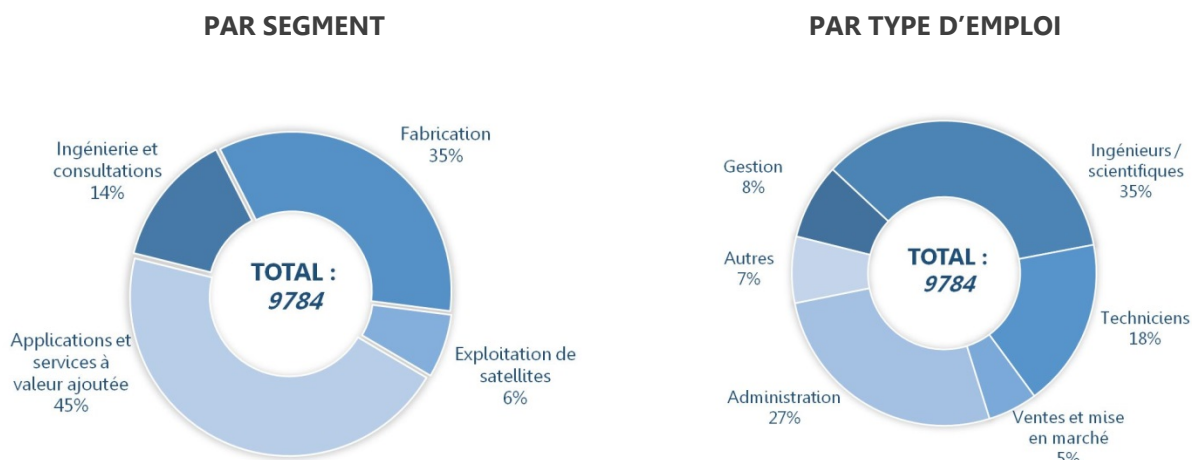
Le secteur spatial canadien a employé directement 9 784 équivalents temps plein (ETP) en 2013. Malgré un contexte économique difficile à l'échelle planétaire et un résultat de 9 % en 2011, le secteur spatial canadien a tout de même connu une croissance environ six fois supérieure au taux de croissance globale de l'emploi du Canada entre 2008 et 2013 (Figure 23). Au cours de cette période, l'emploi dans le secteur spatial a augmenté de plus de 22 %, comparativement à un peu moins que 4 % pour le Canada entier, ce qui est encore plus impressionnant lorsque l'on sait que le rendement du marché de l'emploi canadien a été le plus fort de tous les pays du G7.¹⁴

FIGURE 23 : ÉVOLUTION DU SECTEUR SPATIAL PAR RAPPORT À L'EMPLOI AU CANADA (2008-2013)

Sources : ASC, Statistique Canada et Euroconsult

Bien que les fournisseurs de services à valeur ajoutée, dirigés par les fournisseurs de services de radiodiffusion et de télévision par satellite, figurent parmi les plus grands employeurs du secteur spatial canadien, les entreprises qui effectuent des activités de fabrication en tant qu'activité primaire maintiennent directement 3 600 emplois, ce qui correspond à 35 % de l'effectif complet du secteur spatial. Les universités, qui sont grandement présentes au sein du segment de la recherche et de l'ingénierie, sont également d'importants employeurs du secteur spatial, employant plus de 1 200 ETP en 2013. Le secteur spatial canadien attire des personnes hautement qualifiées (PHQ), dont des ingénieurs, des scientifiques et des techniciens (tel que défini à l'interne par l'ASC).¹⁵ En 2013, les employés hautement qualifiés comptaient pour 53 % de l'ensemble des employés du secteur spatial, ce qui constituait une hausse par rapport aux 48 % en 2008. La prépondérance et la création d'emplois de grande qualité sont des stimulants de l'innovation au sein du secteur spatial et sont perçues par plusieurs comme étant un élément clé de la compétitivité économique à long terme du Canada dans l'économie mondiale du savoir.¹⁶

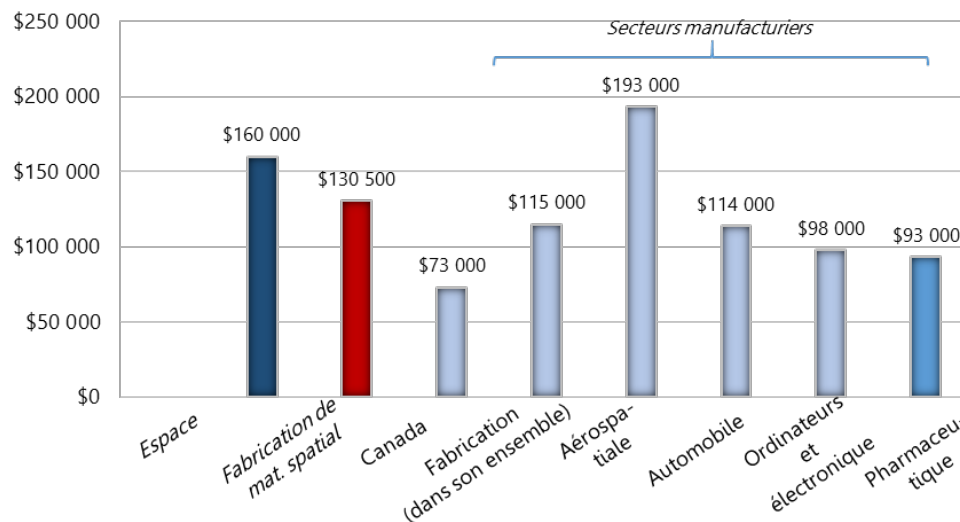
FIGURE 24 : VENTILATION DES EMPLOIS DIRECTS AU SEIN DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)



Source : Sondage annuel de l'ASC (2013)

La combinaison des données sur le PIB direct et l'emploi dans le secteur spatial permet de mesurer la productivité de la main-d'œuvre du secteur spatial. Avec un PIB par travailleur d'environ 160 000 \$ en 2013, l'effectif du secteur spatial canadien était plus de deux fois plus productif que l'effectif de l'ensemble de l'industrie canadienne, lequel affichait un PIB par travailleur moyen de 73 000 \$ en 2012.¹⁷

**FIGURE 25 : PRODUCTIVITÉ DE LA MAIN-D'ŒUVRE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN
(PIB PAR TRAVAILLEUR – 2013*)**



Sources : ASC, Industrie Canada, Statistique Canada et Euroconsult. *Les chiffres non liés au secteur spatial sont de 2012.

En raison de leur niveau d'emploi en 2013, les manufacturiers du secteur spatial ont été plus de 7 % plus productifs que l'ensemble des secteurs manufacturiers du Canada. Avec un PIB par travailleur d'environ 123 000 \$, les entreprises manufacturières du secteur spatial ont affiché une productivité supérieure à plusieurs pairs notoires du même secteur, y compris des entreprises spécialisées en fabrication de matériel informatique et électronique, de produits pharmaceutiques et d'automobiles. La productivité des manufacturiers du secteur spatial était tout juste inférieure à celle des manufacturiers en aérospatiale, en partie en raison du fait que les entreprises spatiales fabriquent généralement des biens en quantité moindre et moins normalisées que leurs contreparties de domaine de l'aérospatiale.

Les PME du Canada sont souvent pointées du doigt pour expliquer les faibles niveaux de productivité de la main-d'œuvre canadienne par rapport à celle des États-Unis. Comme l'indique Statistique Canada : « L'écart entre les niveaux de productivité du travail au Canada et aux États-Unis s'explique principalement par une plus grande proportion d'emplois dans les petites entreprises au Canada et par leur productivité du travail relativement inférieure à celle des grandes entreprises ». ¹⁸ Toutefois, la forte présence de PME au sein du secteur spatial canadien, et leur productivité supérieure à la moyenne indique que ces entreprises, et le secteur spatial dans son ensemble, font les investissements nécessaires en matière de capital humain, de recherche, de machinerie, d'équipement et de technologie.

Répercussions indirectes et induites

Outre l'emploi direct, le secteur spatial canadien a appuyé environ 7 900 emplois le long de sa chaîne d'approvisionnement (répercussion indirecte) et environ 6 700 emplois au sein de l'économie canadienne (répercussion induite). Le multiplicateur d'emplois subséquent est d'approximativement 2,5. En d'autres termes, pour chaque emploi directement créé par les entreprises du secteur spatial canadien, 1,5 emploi additionnel est soutenu dans la chaîne d'approvisionnement du secteur et dans l'économie dans son ensemble. Ce résultat se compare favorablement au multiplicateur d'emploi du secteur canadien de l'aérospatiale qui était estimé à plus ou moins 2,35 en 2012. ¹⁹

1.4 CONTRIBUTION DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN AUX REVENUS DU GOUVERNEMENT (AVANTAGE FISCAL)

En plus de contribuer au PIB national et de stimuler la création d'emplois, le secteur spatial canadien remet une somme considérable en revenus fiscaux dans les coffres des gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux. En 2013, on estime que le secteur spatial canadien a généré directement plus de 487 millions de dollars en revenus fiscaux à tous les échelons du gouvernement. Ces taxes comprennent l'imposition directe des profits des sociétés ainsi que les impôts sur le revenu des quelque 10 000 travailleurs du secteur spatial. Plusieurs taxes « indirectes », qui ne sont pas liées à des activités productives, sont également incluses, comme les taxes foncières locales, les taxes sur les ventes, les taxes sur l'essence, les droits à l'importation payés par les entreprises du secteur spatial ou encore les taxes payées lorsque les employés directs dépensent leur salaire.

Les revenus du gouvernement sont également soutenus par les répercussions économiques indirectes et induites du secteur spatial. Les quelque 14 600 emplois créés dans la chaîne d'approvisionnement du secteur spatial, et à l'échelle de l'économie dans son ensemble, ont totalisé environ 730 millions de dollars en revenus personnels en 2013, ce qui signifie qu'environ 148 millions de dollars ont été recueillis en impôts sur le revenu. D'après les répercussions indirectes et induites du secteur spatial sur le PIB, on estime que 115 millions de dollars de plus ont été engendrés en taxes indirectes.

Au total, on estime que le secteur spatial fournit approximativement 750 millions de dollars en taxes au gouvernement.

**TABLEAU 7 : APERÇU DES RÉPERCUSSIONS DIRECTES, INDIRECTES ET INDUITES DU
SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)**

	DIRECTES	INDIRECTES	INDUITES	TOTAL
CONTRIBUTION AU PIB (EN M\$ CAN)				
SERVICES D'INGÉNIERIE/D'EXPERT-CONSEILS	95	50	60	205
FABRICATION	440	230	220	890
EXPLOITATION DE SATELLITES	90	40	35	165
SERVICES ET APPLICATIONS À VALEUR AJOUTÉE	940	390	290	1 620
TOTAL	1565	710	605	2 880
CONTRIBUTION À L'EMPLOI				
SERVICES D'INGÉNIERIE/D'EXPERT-CONSEILS	1333	665	760	2758
FABRICATION	3592	3060	2570	9222
EXPLOITATION DE SATELLITES	632	470	415	1517
SERVICES ET APPLICATIONS À VALEUR AJOUTÉE	4727	3700	2930	10 857
TOTAL	9784	7895	6675	24 354
CONTRIBUTION AUX REVENUS DU GOUVERNEMENT (EN M\$ CAN)				
TOTAL	487	263		750

Sources : ASC, Industrie Canada et Euroconsult

2. GAINS D'EFFICIENCE ET ÉCONOMIES

À titre de seule et unique solution autorisant une couverture homogène de la Terre, les technologies spatiales procurent des avantages concurrentiels clés et autorisent la mise au point d'une gamme complète de services destinés aux utilisateurs finaux du gouvernement et du secteur privé. À ce titre, les technologies spatiales sont devenues des instruments clés pour un nombre croissant d'activités organisationnelles. Puisqu'il est difficile de quantifier de façon précise et détaillée la valeur des avantages dérivés du développement de ces services à l'échelle du pays, la présente section donne un aperçu de la façon dont les intervenants du gouvernement et du secteur privé utilisent les applications satellitaires et des raisons pour lesquelles ils les utilisent, et elle fournit des exemples concrets d'avantages produits.

2.1 GAMME DE SERVICES ENTRAÎNANT DES GAINS ÉCONOMIQUES POUR LES UTILISATEURS FINAUX

En date d'aujourd'hui, on estime que les fournisseurs canadiens de services satellitaires desservent quelque 1 000 organisations publiques et privées canadiennes oeuvrant dans divers secteurs, comme dans les ressources naturelles, les infrastructures, le transport, la défense, les services publics, la science, la santé, la sécurité publique, les services financiers, les médias, les télécommunications, l'ingénierie et plusieurs autres.

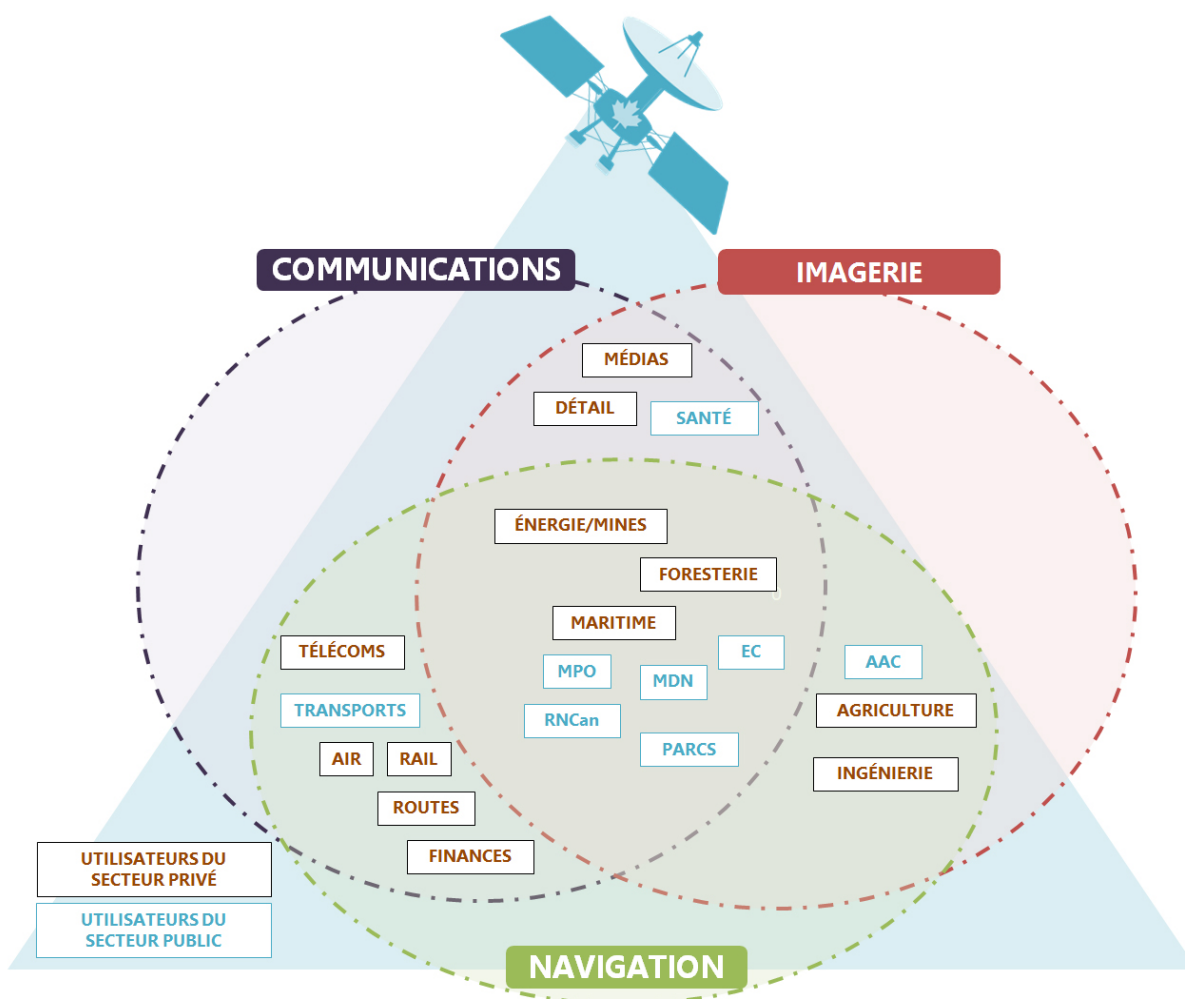
Les fournisseurs de services satellitaires fournissent principalement trois types de services, soit des services d'imagerie, de communications et de navigation/localisation (voir la figure 26). L'observation de la Terre par satellite permet principalement, d'observer la Terre en continu afin d'appuyer les activités opérationnelles ou de recherche du gouvernement ainsi que les activités du secteur privé (p. ex., surveillance de l'environnement, agriculture, gestion des ressources, etc.). Les récentes innovations qui ont eu lieu au sein du secteur en matière de précision (résolution au sol) et des délais (réobservations) stimulent l'émergence de nouvelles applications destinées à une plus vaste gamme d'utilisateurs finaux. Le Canada ne fait pas exception à ce contexte global, mais sa spécificité géographique a particulièrement exigé des solutions de télédétection. Les considérations pratiques liées à la surveillance en continu de vastes régions isolées, d'immenses zones frontalières et de longs littoraux ne peuvent souvent être obtenues qu'au moyen de solutions satellitaires. Grâce à RADARSAT-2, le Canada est l'un des principaux fournisseurs de données de télédétection radar opérationnelles civiles et a développé une communauté très active dans le créneau de la mise au point d'applications SAR.

Les télécommunications par satellite sont utilisées pour assurer la connectivité d'un océan à l'autre, soit en tant que réseau principal ou comme complément à des réseaux terrestres et ce, tant pour les applications fixes que les applications mobiles. En raison de leurs très larges fauchées au sol, les satellites ont constitué des facilitateurs clés pour le développement de services de communications à l'intention des entreprises privées, du gouvernement et des consommateurs. Les satellites de communications sont particulièrement efficaces pour relier les populations, les réseaux ou les biens épars ou isolés, dont le branchement au moyen de solutions terrestres serait autrement impossible, fastidieux ou tout simplement trop coûteux. Le Canada a compris très tôt tous les avantages que procurent les satellites en matière de connectivité à l'échelle nationale, et cela a mené au lancement d'Anik A1 en 1972 et, plus récemment, à la mise en œuvre d'un service à large bande par satellite en bande Ka au moyen d'Anik F2. Sur le plan maritime, le Canada fait figure de pionnier international en utilisant ses systèmes satellitaires pour capter les signaux du Système d'identification automatique par satellite (SIA-S) qu'émettent les navires dans le spectre des très hautes fréquences (VHF). Les données du SIA fournissent des informations sur le navire, notamment son identité, sa position, son cap et sa vitesse, et qui sont essentielles à la

connaissance de la situation maritime. Le SIA-S a aidé bon nombre d'entités gouvernementales et privées canadiennes à renforcer leurs capacités de surveillance maritime.

Le GNSS, tout comme le système GPS américain, fournit des informations névralgiques de navigation, de localisation et de temporisation aux utilisateurs gouvernementaux et commerciaux ainsi qu'aux consommateurs de partout dans le monde. La rapidité des progrès technologiques dans le secteur, jumelée à une forte croissance de la pénétration des téléphones intelligents, a mené à la prolifération d'applications GNSS, ce qui a engendré de nombreux avantages pour les utilisateurs finaux en terme d'économie de temps et d'énergie, de sûreté et de sécurité, et de gains d'efficacité. Bien que le Canada ne possède pas sa propre infrastructure GNSS en orbite, son marché associé au GNSS va bon train puisqu'une vaste gamme d'utilisateurs gouvernementaux, militaires et commerciaux ont adopté les technologies et les applications GNSS, y compris, notamment, pour les services de santé, les services d'urgence, la défense, les transports, les finances, la production alimentaire, la production d'énergie, et les études environnementales. Le Bureau de coordination du GNSS estime que les retombées économiques directes découlant de la technologie GPS au Canada s'élèvent à 6 ou 7 milliards de dollars, et qu'au moins 100 milliards de dollars du PIB canadien pourraient dépendre des GPS.²⁰

FIGURE 26 : CARTOGRAPHIE DES UTILISATEURS FINAUX DE SOLUTIONS SPATIALES AU CANADA ISSUS DU SECTEUR PRIVÉ ET DES MINISTÈRES

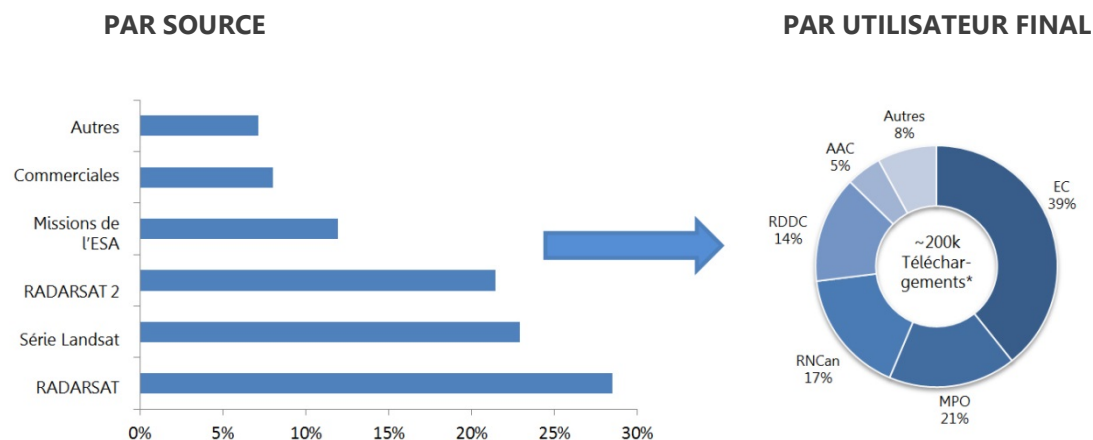


2.2 AVANTAGES POUR LES UTILISATEURS GOUVERNEMENTAUX

Le Programme spatial canadien a été taillé sur mesure pour répondre aux priorités stratégiques du gouvernement, lesquelles sont notamment : de veiller à la souveraineté et à la sécurité nationales, de relier les communautés entre elles, de surveiller les catastrophes naturelles, de gérer les ressources naturelles du Canada et de protéger notre environnement et le Nord. De nos jours, les solutions spatiales font partie intégrante de la manière dont les organisations gouvernementales canadiennes réalisent leur mandat et les priorités nationales. L'ASC joue un rôle central au sein du gouvernement fédéral afin de consolider les besoins spatiaux de multiples ministères fédéraux, de fournir des solutions spatiales rentables et d'améliorer l'efficacité et démontrer de nouvelles capacités spatiales qui appuient les intérêts nationaux du Canada.

- > Les ministères fédéraux et provinciaux du Canada utilisent grandement l'imagerie par satellite, comme le montre la figure 27 illustrant l'utilisation des données au sein du gouvernement fédéral. Les besoins de ces derniers quant à la résolution spatiotemporelle et aux capacités spectrales varient fortement. En outre, ils utilisent des données de systèmes satellitaires canadiens (p. ex., RADARSAT) et étrangers, ainsi que de solutions commerciales.
- > Les organismes gouvernementaux civils se servent des satellites de communications pour fournir une connectivité à un vaste éventail d'institutions et d'immeubles gouvernementaux, dont des écoles, des hôpitaux et des bibliothèques. En ce sens, les satellites aident à combler le fossé numérique afin de brancher les populations qui le sont peu ou pas, surtout dans le Nord où les communautés sont hors de la portée des réseaux terrestres. Les gouvernements civils se servent également des satellites de communications pour fournir une connectivité aux postes frontaliers éloignés et aux équipes d'intervention en cas d'urgences ou de catastrophes. Les satellites sont désormais au cœur du réseau de communications de la Défense, fournissant à la fois des capacités de communications fixes et mobiles aux troupes militaires déployées, aux actifs de la défense et aux postes de communications.
- > Les ministères du gouvernement canadien utilisent des systèmes de navigation par satellite étrangers (p. ex., le système GPS actuel des É.-U.) pour faciliter les activités cruciales de poursuite, de synchronisation, de géomatique, de navigation et de recherche et de sauvetage. Le GNSS est devenu essentiel à tous les aspects des opérations militaires modernes, que ce soit pour les munitions à guidage de précision, pour la navigation, le suivi des actifs ou les applications d'horodatage de précision.

FIGURE 27 : UTILISATIONS DES DONNÉES D'OBSERVATION DE LA TERRE PAR LE GOUVERNEMENT CANADIEN *
(JUILLET 2008 - SEPTEMBRE 2014)



*Données dérivées des statistiques du CCCOT relatives aux produits téléchargés à des fins gouvernementales. Il incombe de souligner que certains ministères (comme le MDN) possèdent d'autres moyens pour obtenir des données. Des fournisseurs privés de données commerciales peuvent également compléter les solutions « commerciales ».

L'étude de cas ci-dessous donne un exemple concret de la façon dont le gouvernement du Canada utilise les données et les solutions spatiales pour améliorer son approche de gestion et la réalisation de son mandat en matière de réglementation.

ÉTUDE DE CAS N° 1 – ORGANISME DE RÉGLEMENTATION DE L'ÉNERGIE EN ALBERTA	
MANDAT	GAINS EN EFFICACITÉ
<ul style="list-style-type: none"> L'Alberta Energy Regulator (AER) veille au développement sûr, efficace, ordonné et durable des ressources en hydrocarbures. Il est aussi chargé de l'attribution et de la conservation des ressources hydriques, de la gestion des terres publiques et de la protection de l'environnement, tout en procurant des retombées économiques pour tous les Albertains. L'AER avait pour mandat de gérer les ressources énergétiques de l'Alberta en 2013, lesquelles représentent 1,8 milliard de barils de pétrole brut, 167 milliards de barils de bitume naturel, 33,7 billions de pieds cubes de gaz naturel et 37 milliards de tonnes de charbon. L'AER réglemente plus de 181 300 puits, 415 000 km d'oléoducs et 782 usines de traitement de gaz, en plus des sites miniers et des usines de traitement. L'AER est autorisée à prendre des décisions au sujet d'applications visant le développement énergétique, la surveillance pour l'assurance de la conformité, la mise hors service des développements et tous les autres aspects des activités liées aux ressources énergétiques. Ce pouvoir de réglementation s'étend aux approbations en vertu des lois et règlements relatifs aux terres publiques et à l'environnement qui ont un lien avec les activités liées aux ressources énergétiques. L'AER utilise des données d'observation de la Terre pour fournir plus efficacement des informations réglementaires sur 	<ul style="list-style-type: none"> Des données d'observation de la Terre sont utilisées pour détecter et surveiller des zones d'intérêt, notamment les déformations en surface causées par le pompage de l'eau dans les zones de prospection pétrolière et l'extraction subséquente. L'utilisation de données multispectrales de type Landsat permet, sur une certaine période, de surveiller l'incidence des activités d'exploration et de production (l'empreinte) sur les secteurs environnants. À cet égard, l'imagerie joue un rôle crucial dans la détection des changements que provoquent les déversements d'hydrocarbures sur la végétation. La surveillance des barrages de résidus miniers pour s'assurer qu'il n'y a aucune fuite, ou pour atténuer les risques de fuites (par exemple vers d'autres plans d'eau) constitue une autre application. Il est aussi possible de vérifier le moment du début d'un déversement au moyen de données chronologiques. Les intervenants peuvent être rapidement orientés vers l'endroit où se trouve la fuite afin d'entreprendre rapidement les activités d'atténuation. Si l'on tient compte du nombre de sites qui se trouvent en Alberta, l'imagerie constitue la seule et unique solution possible pour surveiller l'ensemble des sites. La surveillance de tous les puits et de toutes les activités nécessiterait des ressources humaines considérables,

les activités énergétiques (exploration, production remise en état des sites). Il appuie la planification, veille au respect de la réglementation et intervient en cas d'incident.

surtout pour les sites éloignés qui se trouvent dans le Nord de la province. Grâce à l'imagerie, il est possible vérifier si l'industrie respecte ou non la réglementation et ce, sans avoir à déployer du personnel à grande échelle, sur place.

- En étant en mesure de surveiller les changements, de meilleures politiques de gestion des terres et de l'énergie peuvent être mises en place.

Le tableau 8 fournit un aperçu détaillé de l'usage que font les ministères et les organismes gouvernementaux des applications satellitaires. Aucun utilisateur gouvernemental provincial ne figure dans la liste ci-dessous, mais ces derniers constituent quand même des utilisateurs clés des technologies satellitaires pour la réalisation de leurs activités quotidiennes (casernes de pompiers, postes de police, gestion des ressources naturelles, services gouvernementaux en ligne, etc.). Cette section sur la « valeur sociale et stratégique » propose une évaluation plus détaillée de l'utilisation de solutions spatiales par le gouvernement canadien et des avantages connexes de celles-ci.

TABLEAU 8 : PRINCIPAUX UTILISATEURS GOUVERNEMENTAUX FÉDÉRAUX DE SERVICES SATELLITAIRES

MINISTÈRE	MANDAT PRINCIPAL	EXEMPLES D'ACTIVITÉS SATELLITAIRES
MDN	Protéger le Canada (patrouilles, surveillance, recherche et sauvetage, intervention en cas de catastrophe). Défendre l'Amérique du Nord Contribuer à la paix internationale et à la sécurité (par le biais d'opérations aux quatre coins du monde, le plus souvent en partenariat avec des alliés d'autres pays).	Suivi des biens/des troupes – cartographie du territoire – connaissance du domaine maritime – connaissance de la situation dans l'espace – protection et surveillance des frontières – souveraineté en Arctique – contrôle de VAT aux fins de RSR- diffusion vidéo en direct aux fins de RSR – communications tactiques protégées – connectivité à large bande pour le bien des troupes – recherche et sauvetage – communications vocales et de données pour les troupes déployées sur le terrain.
RNCAN	Promouvoir le développement durable et responsable des ressources minières, énergétiques et forestières du Canada. Recueillir et communiquer des connaissances sur le développement durable des ressources.	Surveillance des catastrophes naturelles – surveillance de la fonte des neiges/des glaces – surveillance des écosystèmes terrestres – surveillance des conditions météorologiques – cartographie – navigation (cartes) – arpentage cadastral/levés marins– transmission de données météorologiques.
AAC	Exercer un leadership dans la croissance et le développement d'un secteur agricole et l'agroalimentaire canadien compétitif, innovateur et durable .	Gestion des ressources hydriques – surveillance des pratiques agricoles durables – production de cartes de classification des cultures – surveillance des conditions météorologiques – gestion des sols.
EC	Préserver et améliorer la qualité de l'environnement naturel, notamment l'eau, l'air, le sol, la faune et la flore. Prévoir les conditions météorologiques. Coordonner les politiques et les programmes environnementaux au nom du gouvernement fédéral.	Services météorologiques – surveillance des nuages de cendres volcaniques – surveillance des glaces marines – Service des glaces (suivi/cartographie) – surveillance de la pollution et application de la loi – surveillance environnementale – suivi/surveillance de la faune
MPO	Favoriser une croissance économique vigoureuse au sein l'industrie canadienne des pêches et de notre secteur maritime en soutenant les exportations et en favorisant un commerce maritime sécuritaire . Appuyer l'innovation en favorisant l'expansion de certains secteurs, comme ceux de l'aquaculture et de la biotechnologie. Protection des habitats, gestion des océans et recherche sur les écosystèmes.	Surveillance de la santé des océans – suivi de la prolifération d'algues – surveillance de la température de la surface de la mer – surveillance des littoraux –rapports de localisation aux fins de sécurité et de conformité réglementaire – recherche et sauvetage (cartographie/communications) – identification et suivi des navires. Surveillance de la sécurité/de la conformité à la réglementation.
SANTÉ	Aider les Canadiens à maintenir et à améliorer leur santé	Surveillance et prévision de la pollution/du smog – étude du profil de l'ozone –création de la Cote air santé (en collaboration avec EC) – prévisions quotidiennes de l'indice UV – surveillance de la composition atmosphérique.
PARCS CANADA	Protéger le patrimoine naturel et culturel du pays et mettre en valeur des exemples représentatifs de ce dernier. Développement durable/conservation	Cartographie de l'utilisation des terres – surveillance et suivi des animaux sauvages – connectivité Internet pour des applications internes – connectivité vocale et transmission de données en régions éloignées.
TRANSPORTS	Promouvoir la sécurité des réseaux de transport, y compris les réseaux aériens, ferroviaires, maritimes et routiers.	Surveillance des routes de glace – mesure de la turbidité et de la charge en sédiments des eaux – rapports de localisation aux fins de sécurité/conformité réglementaire – navigation aux fins d'optimisation des itinéraires – contrôle et surveillance du trafic aérien –connectivité pour les aéronefs de surveillance de la pollution aérienne – connectivité pour les navires de patrouille surveillant la pollution maritime.

2.3 AVANTAGES POUR LES UTILISATEURS DU SECTEUR PRIVÉ

Le secteur spatial canadien est un utilisateur bien établi de produits et de services satellitaires. Deux facteurs en particulier ont imposé l'établissement d'exigences élevées de secteurs professionnels pour une vaste gamme de services, dont la géographie particulière du Canada et le profil des activités commerciales canadiennes. Plus d'une douzaine de secteurs figurent par les principaux utilisateurs commerciaux canadiens de solutions spatiales. Les avantages découlant des services satellitaires sont directement associés à leurs activités organisationnelles, à savoir (liste non exhaustive) :

- > La surveillance des régions éloignées ou inaccessibles afin d'améliorer la rentabilité de leurs activités ou l'acquisition d'informations essentielles à la prise de décisions.
- > Le maintien des communications dans le cadre de leurs activités organisationnelles qui tirent profit du caractère souple et omniprésent des satellites.
- > La cueillette d'informations en temps réel afin d'assurer la sûreté des opérations et/ou d'améliorer la productivité.

Le secteur de l'énergie est le secteur qui a le plus besoin d'applications satellites au sein de l'industrie canadienne. Comme l'illustre l'étude de cas ci-dessous, l'espace procure aux entreprises du secteur énergétique et minier plusieurs avantages en termes d'efficacité, de précision, de sécurité des activités, de gestion environnementale et de bien-être de la main-d'œuvre (des travailleurs).

ÉTUDE DE CAS N° 2 – SOLUTIONS SPATIALES POUR LES SECTEURS ÉNERGÉTIQUE ET MINIER	
AVANTAGES DÉRIVÉS DES COMMUNICATIONS PAR SATELLITE	AVANTAGES DÉRIVÉS DE L'IMAGERIE PAR SATELLITE ET DU GNSS
<ul style="list-style-type: none"> • Souvent, les satellites sont la seule solution de communication fiable permettant aux entreprises du secteur de l'énergie de satisfaire leurs besoins sans cesse grandissants pour les applications telles la transmission vidéo en temps réel, la transmission de données sismologiques et géologiques, la tenue de téléconférences et le mieux-être de la main-d'œuvre. • Les solutions de télécommunications par satellite permettent également de satisfaire les exigences rigoureuses du secteur en matière de fiabilité et de disponibilité puisque l'interruption des activités en raison d'interruptions des systèmes de communications entraîne des coûts de substitution élevés. • Afin d'améliorer la sécurité et l'efficacité de ses activités, Alliance Pipeline du Canada recueille automatiquement 20 000 données par minute afin de surveiller son oléoduc de 3 700 kilomètres de longueur qui relie le nord-est de la Colombie-Britannique et le secteur de Chicago. • Pétro Canada utilise les satellites pour relayer des informations clés sur la production, la pression, la température et d'autres facteurs ayant une incidence sur le développement de son champ pétrolier Terra Nova d'une valeur 2,5 milliards de dollars, situé au large des côtes de Terre-Neuve. • Les satellites constituent l'épine dorsale du réseau de communications de la mine de diamants Diavik. En effet, les satellites permettent de relier la mine, qui est située à seulement 220 kilomètres sous le cercle arctique, dans les T.-N.-O. à la ville de Yellowknife. Cette solution satellitaire fournit un accès Internet au centre d'apprentissage en milieu de travail, lequel autorise des programmes de perfectionnement et de formation destinés aux quelque 1000 employés de Diavik. Les satellites sont également utilisés en 	<ul style="list-style-type: none"> • On estime que le secteur de l'énergie (y compris le secteur minier) compte pour 44 % de l'usage des données d'imagerie commerciale dans le secteur privé au Canada, ce qui fait de ce secteur, et de loin, le plus grand groupe d'utilisateurs. À titre comparatif, ce secteur représente 40 % du marché privé des données satellitaires au monde. • L'imagerie satellitaire est utilisée à toutes les étapes du cycle de vie de l'énergie, soit de l'étape initiale de la prospection jusqu'à l'élimination, en passant par le développement et la production. Elle fournit des informations essentielles à une vaste gamme d'applications tels la planification des levés géophysiques, le soutien logistique et la surveillance des activités. • En 2014, MDA a indiqué avoir accordé de nombreux contrats à des clients de l'industrie minière et de celle du gaz et du pétrole. Ces contrats comprenaient la prestation de services de surveillance depuis l'espace au moyen de RADARSAT-2 afin d'appuyer les activités d'exploration et de production, ainsi que la fourniture de produits et de services permettant de surveiller et de quantifier les déformations de surface dans des zones précises. • Le secteur canadien de l'énergie utilise la technologie GNSS pour appliquer des techniques de surveillance des dépôts découlant de la prospection (sur terre et au large), pour surveiller l'environnement et les activités d'excavation, fournir des capacités améliorées de localisation, et offrir une meilleure disponibilité du signal, même dans les mines profondes à ciel ouvert. Intégrée aux foreuses afin d'autoriser la localisation ultraprécise des trous de forage, la technologie GNSS constitue un facteur clé permettant d'optimiser le traitement des matières extraites.

appui au développement et aux activités de la mine, laquelle a attiré des investissements en immobilisation de plus de 6 milliards dans le Nord du Canada au cours des 15 dernières années.

- Suncor se sert de la technologie GNSS comme intrant critique dans le cadre de ses activités de réduction des résidus à Fort McMurray, en Alberta. Ce procédé vise à réduire le nombre de bassins de résidus et à améliorer la remise en état des bassins qui s'étendent sur plusieurs millions de kilomètres carrés. Au final, les satellites contribuent à améliorer la gérance des activités de cette entreprise.

De nombreux autres secteurs industriels utilisent des solutions spatiales pour obtenir des gains d'efficacité, réaliser des économies et améliorer leurs activités opérationnelles dans leur ensemble. Les principaux utilisateurs opérationnels finaux sont présentés ci-après.

- > **L'industrie agricole/agroalimentaire** utilise les solutions satellitaires (GPS, imagerie par satellite) pour un certain nombre d'applications d'agriculture de précision afin d'accroître l'efficacité et le rendement des cultures tout en contrôlant les coûts. Les données satellitaires à haute résolution temporelle autorisent la détection hebdomadaire/mensuelle des changements par cartographie, surtout en ce qui concerne la santé/le rendement des cultures. Par exemple, l'entreprise albertaine BlackBridge fournit des services satellitaires dans toutes les grandes zones agricoles d'Amérique du Nord. La technologie GNSS est utilisée dans le cadre d'activités de grande précision, comme le guidage automatique de la machinerie et l'application localisée de produits chimiques et de fertilisants. Cette technologie permet aux fermiers d'améliorer la précision, de réduire les chevauchements, d'atténuer l'utilisation de carburant et d'intrants et de maximiser l'efficacité. En contribuant à optimiser la productivité et l'efficacité, les solutions GNSS contribuent de façon importante à améliorer la compétitivité du Canada au sein de l'industrie agricole internationale de plus en plus axée sur la technologie et à tirer profit de sa position de cinquième plus grand exportateur agricole au monde.²¹ Un récent rapport publié dans le cadre du Programme pilote d'adoption de la technologie numérique (PPATN) du gouvernement fédéral a conclu que l'utilisation des technologies numériques, y compris des technologies satellitaires, contribue à réaliser des économies de 5 à 10 % par année. Pour une ferme type de 1 000 à 2 000 acres adoptant l'agriculture de précision sans fil, l'investissement devient rentable au terme d'une ou deux années.²²
- > Les besoins de **l'industrie forestière** sont similaires à ceux du gouvernement (veiller à la santé/durabilité des forêts), bien que ces besoins soient plus souvent à plus petite échelle (cartographie locale, contrairement la cartographie provinciale/nationale). Des capacités d'imagerie à très haute résolution (~10cm) sont requises pour l'identification des espèces et les prévisions de la biomasse. Ces deux activités se prêtent d'ailleurs bien aux solutions aéroportées plutôt qu'aux solutions d'OT par satellite. Toutefois, les satellites jouent un plus grand rôle pour les applications qui visent l'établissement d'inventaires sur de vastes régions et qui permettent d'établir l'état de santé des forêts, de cartographier les infiltrations d'espèces invasives et de détecter les feux de forêt. Les solutions satellitaires mobiles, y compris les terminaux portables et à large bande, sont également utilisées par l'industrie forestière pour fournir des services de transmission de données et de la voix avec les sites d'exploitation forestière.
- > **L'industrie de l'ingénierie et des infrastructures** utilise de plus en plus l'imagerie et les systèmes GPS en appui à des applications telles la cartographie, le cadastrage, le développement urbain, l'immobilier, la planification, la construction, etc. Réunis, ces secteurs comptent pour 50 % de l'utilisation des services/de l'imagerie par les marchés commerciaux au Canada, notamment pour soutenir les activités hydroélectriques, les sociétés de télécommunications (pour la cartographie topographique) et la surveillance des installations et des projets d'infrastructure à grande échelle. Les solutions GNSS permettent la réalisation de levés hydrographiques pour les projets d'infrastructures marines et autorisent l'installation précise des matériaux et des structures. Ce secteur utilise également les capacités de synchronisation offertes par le système GPS pour synchroniser les réseaux électriques et cerner le moment précis des anomalies

électriques afin de déterminer avec précision l'endroit où la ligne de transport a été compromise et ainsi diminuer la durée des pannes. Les services de communications entre machines (M2M) par satellite ont été utilisés au Canada par certains services publics, comme Hydro-Québec, pour se brancher sur les bornes de collecte rurales des « compteurs intelligents », lesquelles acheminent les données produites par les 3,8 millions de compteurs intelligents de la province. Les solutions satellitaires de communications entre machines sont utilisées dans les domaines de la construction et de l'ingénierie pour surveiller les endroits où la machinerie lourde est utilisée dans les régions éloignées et la manière dont cette machinerie est utilisée, pour aider à prévenir les vols et pour indiquer lorsque des travaux d'entretien préventifs pourraient être requis. Les personnes appelées à travailler en régions éloignées se servent des services mobiles par satellite tels les téléphones satellitaires et les terminaux mobiles à large bande pour transmettre des données ou communiquer vocalement avec leur siège social.

- > Des **détaillants** des quatre coins du Canada utilisent les satellites pour relier des établissements satellitaires aux réseaux de planification des ressources d'entreprise (PRE), assurer la continuité des activités organisationnelles (système de relève) et diffuser du contenu publicitaire en simultané dans tous ses commerces. Par exemple, dans tous les magasins Walmart au Canada, les informations relatives au magasin sont immédiatement recueillies puis transmises au siège social afin d'être analysées et intégrées dans une volumineuse base de données, via un système satellitaire mondial. Ces innombrables données en temps réel sur les renseignements d'affaires provenant des caisses enregistreuses et des centres de distribution sont essentielles au réputé système de gestion d'inventaire de Walmart.²³ L'indépendance relative des satellites par rapport aux réseaux terrestres peut également aider les détaillants à s'affranchir des coûts de substitution associés à l'interruption des réseaux de communications. Par exemple, lors des inondations historiques qui ont frappé Calgary en 2013, les services d'alimentation électrique et d'accès à l'Internet ont été interrompus à l'échelle de la ville. En réaction à cette situation, un détaillant d'essence a déployé une solution de communications par satellite dans ces cinq de ses postes à essence situés dans les régions les plus touchées par les pannes. Cette connectivité par satellite a permis de rétablir le système de points de vente seulement huit heures après la panne, empêchant ainsi des pertes potentielles de plus d'un million de dollars pendant la semaine qui a été nécessaire pour rétablir les services de communications terrestres.
- > Le **secteur financier** se sert des satellites de la même manière que les détaillants. Il se tourne vers les systèmes de communications par satellite pour relier les succursales éloignées et les guichets automatiques à leur réseau, et pour assurer la continuité des activités lors d'interruptions des systèmes primaires de connectivité terrestre. À cet égard, les satellites aident à accroître la disponibilité des services financiers aux régions et aux communautés traditionnellement sous-desservies. Les membres du secteur bancaire du Canada utilisent le système GPS pour obtenir l'heure précise pour leurs horloges internes et pour horodater les innombrables transactions financières traitées par leurs réseaux. Le secteur financier utilise également l'observation de la Terre pour appuyer les demandes d'indemnité (par exemple pour l'industrie forestière ou agricole après une catastrophe); et pour appuyer les opérations sur marchandises, par exemple pour être en mesure de prédire les besoins en énergie, le rendement des cultures, etc.
- > Le secteur des **médias et des télécommunications** tire également profit de l'infrastructure satellitaire du Canada pour diffuser sa programmation sur les plateformes de télévision payante à l'échelle du pays, que ce soit par satellite ou par réseau terrestre. Réunis, l'ensemble des fournisseurs canadiens de services de télévision payante par satellite offraient plus de 1 200 canaux (à l'exclusion des postes de radio) en 2013, contribuant ainsi à divertir, à éduquer, à informer et à unir les Canadiens et les Canadiennes partout au pays, tout en appuyant l'industrie nationale de radiodiffusion. En ce qui concerne les exploitants de services de

télécommunications, bien que les fournisseurs de services de téléphonie cellulaire et d'accès Internet du Canada tendent à favoriser des réseaux jumelant la fibre optique et les hyperfréquences sans fil, les satellites sont utilisés pour assurer les liaisons secondaires de communications avec les communautés éloignées là où la faible concentration de population et les environnements inhospitaliers sont responsables d'une absence de solutions de recharge terrestres, surtout dans le Nord du Canada. Par exemple, la société SSi Micro a élaboré un réseau satellitaire complet couvrant l'ensemble des T.-N.-O. et du Nunavut. Elle a mis en place une infrastructure dans plus de 50 communautés où règnent conditions météorologiques extrêmes et qui ne sont accessibles que par la voie des airs. Les fournisseurs de services de téléphonie cellulaire ont recours à l'heure GPS pour synchroniser leurs stations cellulaires. Les médias fournissent à la population et à l'industrie des services météorologiques dans divers formats (Internet, télévision, radio), notamment des avertissements de temps violent et des précisions immédiates et du temps à venir.

- > L'industrie du **transport aérien** est un grand utilisateur de solutions satellitaires. Le GNSS est étroitement intégré dans les systèmes d'avionique des avions commerciaux et des avions d'affaire haut de gamme partout au pays, et il est aussi mis à la disposition des intervenants de l'aviation générale et régionale via des panneaux d'affichage. La précision des solutions GNSS contribue à accroître la sécurité, à atténuer la congestion, à économiser du carburant, à protéger l'environnement, à réduire les coûts d'exploitation de l'infrastructure et à assurer la fiabilité des opérations, peu importe les conditions météorologiques et ce, même dans les aéroports qui présentent des défis particuliers. De plus, l'industrie de l'aviation a de plus en plus besoin de solutions de communications par satellite puisque sa clientèle exige de plus en plus une connectivité en tout temps et en tous lieux. Par exemple, en 2014 WestJet a annoncé un plan d'investissement prévoyant l'ajout, à l'ensemble de sa flotte qui a desservi plus de 18,5 millions de clients en 2013.²⁴, d'une solution de connectivité par satellite pour offrir à sa clientèle un service de télédiffusion en continu et une connectivité Wi-Fi. Puisque 75 % de ces passagers apportent déjà avec eux leurs propres appareils pouvant accéder au Web, ce service d'accès Internet par satellite permettra à WestJet de se distinguer de ses concurrents et d'offrir à sa clientèle davantage de solution de production et de divertissement. La logistique du transport aérien est également appuyée par la prestation de services météorologiques sur mesure, comme les avertissements de temps violets, etc. Par exemple, le Centre d'avis de cendres volcaniques (du Service météorologique du Canada) a suivi de près les retombées de l'incident volcanique qui s'est produit en Islande, en 2010, pour indiquer aux autorités de réglementation et aux transporteurs aériens les corridors de transport sécuritaires pouvant être utilisés.
- > Le GNSS est très présent dans le réseau de **transport ferroviaire**, lequel traite le quatrième plus important volume de biens dans le monde. Des systèmes GNSS agissant en tant que système d'avertissement du conducteur du train et permettant d'améliorer le confort et la sécurité tout en optimisant le rendement global sont en cours d'installation dans de nombreux trains. Les données de localisation sont régulièrement transmises aux opérateurs de trains afin de leur fournir des intrants utiles à la gestion des opérations. Les trains de passagers tirent également profit du GNSS puisque Via Rail a grandement amélioré ses activités en se servant de statistiques recueillies en temps réel sur chacun de ses trains par un système GPS automatisé installé dans chacun de ceux-ci, contrairement au système antérieur qui reposait essentiellement sur la saisie manuelle des heures d'arrivée et de départ. Les satellites font également partie de la solution Wi-Fi hybride de Via Rail Canada dont disposent tous les trains assurant la liaison entre les villes de Windsor, Toronto, Ottawa, Montréal et Québec.²⁵ Uniquement au cours de la plus récente fin de semaine de la fête nationale du Labrador, environ 62 000 personnes ont voyagé dans le corridor dans les trains de Via Rail. Une grande partie de ces passagers se sont servis des services réseau Wi-Fi, consultant l'équivalent de 2,4 millions de sites Web.

- > Le **transport maritime** connaît une croissance fulgurante au Canada, ce qui n'est pas surprenant compte tenu du fait que le Canada possède le plus long littoral au monde et que son industrie maritime figure parmi les plus occupées de la planète avec 18 ports internationaux d'envergure où transitent 310 millions de tonnes de cargaisons chaque année.²⁶ Les entreprises de transport maritime ont de plus en plus besoin des systèmes de communications par satellite fiables et capables de prendre en charge de grands volumes de données pour appuyer leurs activités et améliorer le bien-être de leurs employés, surtout en raison de l'augmentation du trafic maritime en Arctique où la connectivité est limitée. Une entreprise de transport maritime canadienne a déclaré devoir dépenser 2 500 dollars par mois par navire pour obtenir des services de communications par satellite, et elle a indiqué avoir de plus en plus besoin de solutions de connectivité en temps réel pour appuyer ses activités. L'industrie canadienne du transport maritime a été l'une des premières à adopter les solutions GPS, et à ce jour, elle demeure une grande utilisatrice de ces services. Aujourd'hui, les solutions GNSS sont utilisées pour signaler et suivre la position des navires à des fins commerciales et de sécurité. On s'en remet également davantage au système GNSS pour la navigation de précision et pour la gestion du trafic et des systèmes de ponts. Ce secteur tire également profit de la prestation de services par le Service canadien des glaces, notamment de la fourniture des mises à jour régulières des cartes des glaces marines, de la détection des icebergs et des produits météorologiques élargis portant sur les océans (MetOcean) tels les prévisions maritimes, les modèles des vagues, etc. Ce type de services utilise une combinaison de satellites en orbite géostationnaire et polaire et des données SAR pour la cartographie des glaces.
- > **Enfin, l'industrie du transport routier** (ou industrie du « camionnage ») emploie plus de 400 000 Canadiennes et Canadiens. Cette industrie est l'une des plus importantes bénéficiaires des solutions GNSS, lesquelles aident à surmonter certains des défis qui surviennent sur le réseau routier, tels la congestion qui est de plus en plus omniprésente, la pollution et les coûts liés à l'essence et aux assurances. Les technologies satellitaires GNSS et M2M sont de plus en plus intégrées aux solutions logicielles de planification des ressources d'entreprise (PRE) conçues pour améliorer l'efficacité opérationnelle et le rendement des parcs de camions. Ces solutions satellitaires de « suivi des parcs » permettent aux entreprises de transport et de distribution d'accéder instantanément à une multitude de données opérationnelles, notamment sur la consommation d'essence, le temps passé sur la route, l'emplacement du conteneur et sur le rendement du système de réfrigération et du moteur, et de les analyser. La couverture omniprésente des satellites constitue un avantage clé par rapport aux solutions terrestres.

TABLEAU 9 : GAMME D'APPLICATIONS ET D'UTILISATEURS OPÉRATIONNELS

SECTEUR	PIB DU SECTEUR * (2013) EN G\$ CAN	EXEMPLES D'ACTIVITÉS AUTORISÉES PAR LES SATELLITES
ENERGIE**/MINIER	170	Géologie de surface – cartographie de base – exploration extracôtière – surveillance des opérations – cueillette d'informations en temps réel – planification et activités tactiques – gestion des situations d'urgence – bien-être des travailleurs – téléconférences – PRE – transmission vidéo en temps réel – activités d'excavation/de forage
AGRICULTURE/ AGROALIMENTAIRE	110	Agriculture de précision – surveillance de la santé des cultures – estimations du rendement – évaluation des dégâts causés par les tempêtes – suivi des biens - cartographie
FORESTERIE	19,8	Suivi des espèces envahissantes – cartographie des récoltes saisonnières - détection et atténuation des incendies de forêt – réalisation de levés et d'inventaires – cartographie aux fins de classification des forêts –

		communications voix/données mobiles
INGÉNIERIE	S.O.	Cartographie de base - planification des oléoducs - réalisation de levés - planification - surveillance de sites
COMMERCE DE DÉTAIL	85,8	Connectivité avec les systèmes de points de vente - PRE - vidéoconférences - continuité des activités
SERVICES FINANCIERS	112	Indexation des marchandises - connectivité avec les guichets automatiques - continuité des activités - soutien aux assurances
DIFFUSION (TV/radio)	4,2	Informations météorologiques - diffusion de chaînes télévisuelles et radiophoniques - transmission d'événements médiatiques et sportifs - distribution de contenu aux têtes de ligne - synchronisation pour les signaux radio
TÉLÉCOMMUNICATIONS	31,8	Cartographie de base - liaisons terrestres et commutation automatique des canaux de données vers les réseaux terrestres - synchronisation des réseaux
TRANSPORT AÉRIEN	6,1	Simulation de vol aéroportuaire - respect de la réglementation en matière de sécurité - suivi des vols/surveillance à distance - navigation - gestion du trafic aérien - divertissement en vol
TRANSPORT FERROVIAIRE	6,1	Connectivité embarquée à l'intention des passagers - navigation
TRANSPORT MARITIME	1,5	Suivi/identification des navires - respect de la réglementation en matière de sécurité - bien-être des membres d'équipage - navigation - fourniture de produits MetOcean (conditions océaniques) - cartographie des glaces marines - détection des icebergs

*Source: Statistique Canada, CANSIM, tableau 379-0031

** comprends le secteur de l'électricité

3. SOUTIEN À L'INNOVATION

3.1 APPORTS

Le secteur spatial est un grand consommateur de technologies élaborées pour le compte d'autres industries

La nature très technologique de l'industrie spatiale a fait l'objet de nombreux commentaires et de nombreuses mesures. En raison de l'environnement unique dans lequel les entreprises de ce secteur sont appelées à fonctionner, les produits spatiaux sont intrinsèquement complexes sur le plan technologique et exigent un processus de production élaboré. Le secteur spatial dépend d'un vaste éventail de technologies, d'équipements et de produits, ce qui suppose la mise en place de mécanismes de transfert technologique entre le secteur spatial ceux qui ne mènent pas d'activités spatiales. Cela est vrai non seulement pour les technologies, mais aussi pour les processus industriels (conception, essais, assemblage, gestion des données, etc.). Le secteur spatial fournit de nouvelles technologies et de nouveaux processus aux autres secteurs (retombées, prochaine section); il consomme également les technologies et les processus d'autres secteurs (apports). Ces deux aspects sont tout aussi importants.

À l'extérieur des domaines qui sont propres aux activités qu'il mène (p. ex, propulsion, alimentation et robotique), le secteur spatial ne finance pas beaucoup de technologies génériques. Il tend plutôt à se concentrer sur leur personnalisation et sur leur adaptation en vue d'un usage dans l'espace. Le secteur spatial acquiert de l'équipement et des produits qui existent déjà dans d'autres industries et il veille à ce que ceux-ci soient adaptés en vue de satisfaire les exigences liées à l'environnement spatial en les intégrant dans des systèmes spatiaux ou terrestres ou à des systèmes de lancement. Le secteur spatial est également réfractaire au risque, ce qui fait qu'il est souvent réticent à utiliser des technologies qui ne sont pas encore « spatioqualifiées » en raison des risques qui sont associés à la nature spécifique de l'environnement spatial, les biens spatiaux devant fonctionner pendant de longues périodes sans aucune possibilité de réparation après leur lancement. À cet égard, les programmes gouvernementaux sont essentiels pour la mise à l'essai et la qualification des technologies avant leur intégration complète dans des produits commerciaux. Cela engendre des répercussions et des effets externes importants pour les industries en amont.

Le secteur spatial canadien est constitué de nombreuses industries reliées entre elles

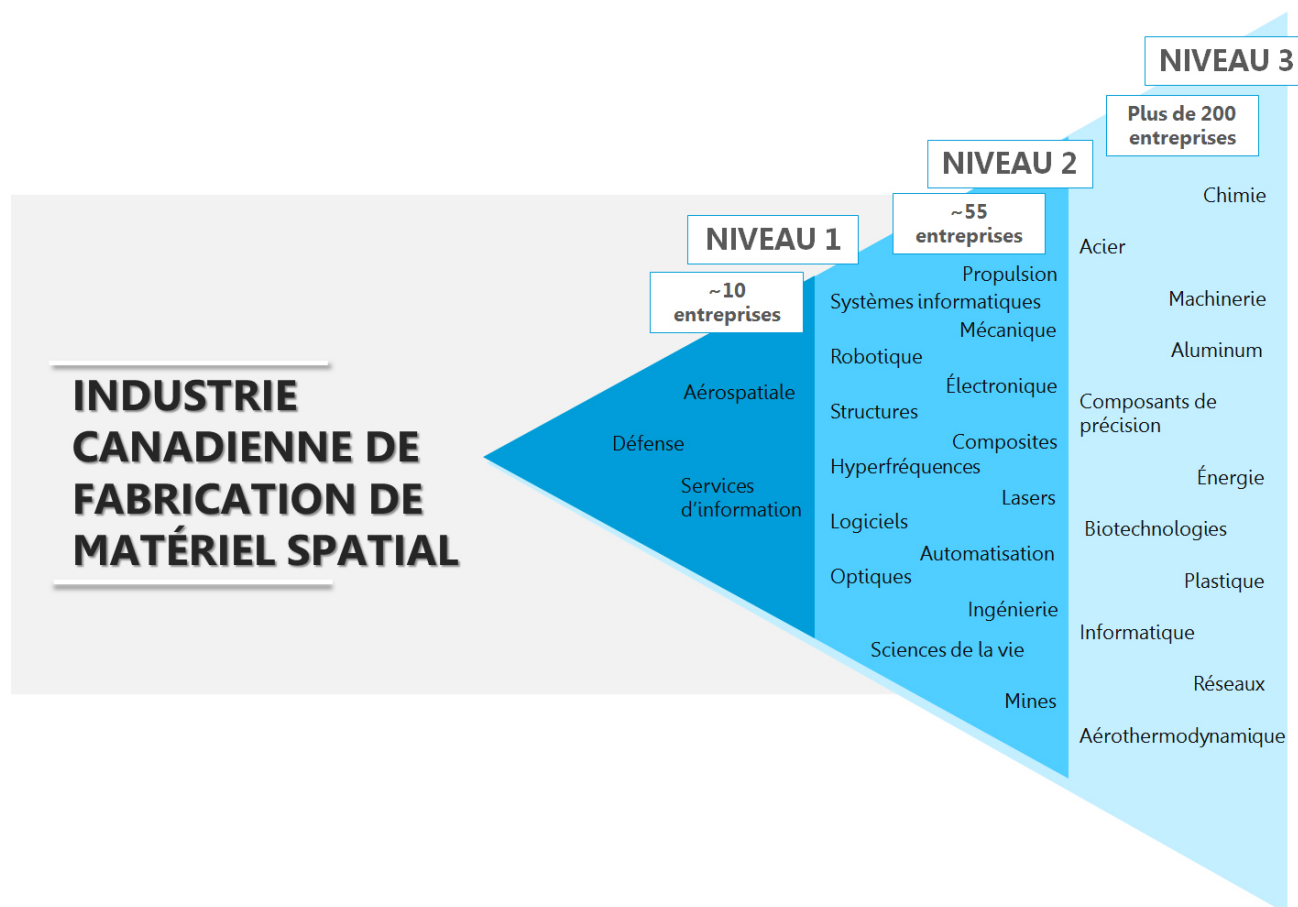
Cette situation explique la vaste diversité des industries branchées sur le secteur spatial. Le Canada n'échappe pas à cette réalité puisqu'une grande proportion des produits qui lui sont fournis proviennent d'entreprises oeuvrant dans d'autres secteurs. Seulement une poignée d'entreprises canadiennes pourraient être considérées comme étant des intervenants exclusifs du domaine spatial (c.-à-d., qui réalisent la majeure partie de leurs affaires dans le secteur spatial). Un nombre important d'entreprises qui constituent le noyau du secteur spatial canadien dérivent leurs produits d'un autre grand secteur. Par exemple :

- > De nombreux intervenants de l'industrie mondiale de **l'aérospatiale** mènent des activités liées au secteur spatial, y compris des activités de fabrication. P. ex., la société Magellan Aerospace a tiré profit de son patrimoine et de son expertise dans la fabrication de structures et de composantes aérospatiales pour appuyer des activités spatiales, dont le développement de fusées suborbitales, de charges utiles spatiales et de petits satellites. Parmi les autres chefs de file de l'aérospatiale réalisant des activités spatiales au Canada, citons Lockheed Martin, Honeywell, IMP et Airbus.

- > ABB, un leader mondial en **technologies d'alimentation et d'automatisation** est l'un des leaders du Canada dans le créneau des capteurs optiques spatioportés destinés aux applications atmosphériques et météorologiques.
- > Bien que l'INO ait élaboré des **solutions optiques et photoniques** évoluées pour le compte du secteur spatial, l'entreprise compte des clients de tout acabit dans pratiquement cinq domaines de l'industrie, y compris dans les secteurs de l'aéronautique, de l'agroalimentaire, de la défense, du secteur de l'énergie, du cinéma, de l'exploitation minière, de la médecine et des transports.
- > Deltion Innovations, dérivé du Northern Centre for Advanced Technology [Centre du Nord pour la technologie de pointe] (NORCAT), se spécialise dans le transfert et l'adaptation de technologies mises au point pour le marché de l'exploitation minière pour que celles-ci puissent être utilisées dans l'espace, et vice versa.
- > DRS technologies, un entrepreneur américain spécialisé dans la **défense**, et filiale du conglomerat industriel italien Finmeccanica, intègre et fabrique des composantes et des systèmes de communications pour des applications en défense et dans l'espace.
- > Excelitas, un manufacturier de **systèmes électroniques et d'éclairage** de grande qualité, est aussi un grand fournisseur de systèmes d'éclairage pour engins spatiaux (éclairage intérieur, de charge utile ou de navigation).

Une très grande partie de la valeur du secteur spatial provient directement de ces industries connexes. Tel qu'abordé précédemment, la réalisation d'activités au sein du secteur spatial est très exigeante. L'adaptation de technologies terrestres en vue de leur utilisation dans l'espace crée une boucle de rétroaction positive qui, à son tour, contribue à améliorer les produits terrestres – donnant ainsi aux entreprises un avantage concurrentiel. En d'autres termes, le volet spatial de l'entreprise stimule l'innovation à l'échelle de cette dernière. La diversité de l'industrie manufacturière spatiale du Canada à elle seule est illustrée à la figure 28. Pour environ 10 des entreprises du niveau 1, 55 autres entreprises sont des fournisseurs de niveau 2 et plus de 200 sont des fournisseurs de niveau 3, et toutes sont actives dans plus d'une vingtaine de secteurs ou d'industries distincts.

FIGURE 28 : L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE SPATIALE DU CANADA ET SES SECTEURS CONNEXES



Répercussion pour les industries en amont

L'utilisation, dans le secteur spatial, de technologies et de processus élaborés par d'autres secteurs produit des effets directs sur les industries en amont, peu importe que celles-ci fournissent des composants et des produits génériques ou de l'équipement et des systèmes plus spécialisés (p. ex., instruments scientifiques ou systèmes électroniques embarqués). L'un des principaux avantages cité à répétition par les entreprises a trait à la qualité et à la fiabilité des technologies spatiales. En effet, l'industrie spatiale établit des exigences très rigoureuses pour leurs fournisseurs. Ces exigences touchent les échéanciers, la fiabilité à long terme, la qualité supérieure, la rentabilité, etc. La mise en œuvre de normes de qualité uniques au secteur spatial stimule l'adoption de pratiques exemplaires à l'échelle de l'ensemble des fournisseurs. De plus, l'espace est souvent considéré comme un vecteur important pour les communications organisationnelles, la commercialisation et la gestion des ressources humaines. Il permet aux fournisseurs de montrer la qualité de leurs produits, de publier au sujet de projets internationaux et de grande visibilité et de motiver leurs équipes d'ingénieurs. À cet égard, ABB Canada illustre bien les avantages tangibles que peut dériver une entreprise dont les technologies sont envoyées dans l'espace.

ÉTUDE DE CAS N° 3 – ACTIVITÉS SPATIALES MENÉES PAR ABB CANADA ET AVANTAGES CONNEXES	
ACTIVITÉS SPATIALES	AVANTAGES DÉRIVÉS
<ul style="list-style-type: none"> • ABB Canada est un chef de file du marché de la transmission et de la distribution d'énergie. Cette société emploie environ 5 000 personnes au Canada dans plus de 50 établissements, et elle est active dans plus de 100 pays. • La majeure partie des activités spatiales d'ABB sont réalisées au Québec, dans sa sous-unité des mesures de la Division d'automatisation des processus. La division fournit à diverses industries des technologies et du soutien technique afin d'aider à simplifier les processus industriels. • Les activités spatiales comptent désormais pour 25 à 35 % des activités de la division, laquelle emploie quelque 250 personnes. • ABB a tiré profit de la maturité de ses produits non spatiaux pour diversifier consciemment ses affaires en vue de fournir des instruments optiques destinés à des applications spatiales, comme en sciences de l'atmosphère, en surveillance de l'environnement, en prévision météorologique et en astronomie. Les technologies et les produits spatiaux d'ABB englobent notamment : des instruments optiques, des imageurs hyperspectraux, des appareils d'étalonnage en vol, du matériel de soutien optique au sol, des logiciels de simulation et des systèmes d'analyse de données. • ABB a fourni des composantes clés à des entrepreneurs principaux canadiens et internationaux dans le cadre de diverses missions de la NASA, de la NOAA, de la JAXA, de l'ESA et de l'ASC, notamment. 	<p>ABB a indiqué que ses activités spatiales ont engendré d'importantes retombées qui profitent également à d'autres segments et division de ses filiales canadiennes, notamment sur les plans de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>La qualité et de la fiabilité</u> : les produits spatiaux d'ABB sont élaborés de manière à satisfaire de rigoureuses normes de fiabilité et de qualité. Cette attention à la fiabilité et à la qualité constitue un élément clé de la proposition de valeur d'ABB dans les efforts de vente qu'elle déploie dans les marchés traditionnels. • <u>La visibilité et de la commercialisation</u> : La présence d'ABB dans le secteur spatial a été appuyée dans les communications internes et externes de l'entreprise, ce qui a aidé à consolider sa position à titre de leader en technologies de pointe dans ce créneau. Le segment spatial d'ABB a fait la manchette à l'échelle de l'entreprise et ce même si seulement une infime partie des 150 000 employés à l'échelle de la planète oeuvrent dans le secteur spatial. • <u>La motivation</u> : L'espace est bien intégré dans la division de l'automatisation. Une grande proportion du personnel d'ingénierie travaille au développement de projets spatiaux en plus de travailler dans d'autres domaines, ce qui aide à motiver les équipes en raison de la forte médiatisation des projets spatiaux. Il s'agit là d'une retombée clé en matière d'appui au recrutement et au maintien en poste des meilleurs talents. • <u>Nouvelles activités</u> : Les fonds accordés par l'ASC ont débouché directement sur l'attribution de contrats d'exportation. L'entreprise a déclaré avoir engrangé environ cinq fois la valeur initiale du contrat en revenus d'exportation additionnels. Toutefois, elle a également indiqué avoir affronté une concurrence accrue dans le cadre de ces programmes d'exportation internationaux.

L'une des importantes leçons retenues par les entrepreneurs principaux et leurs fournisseurs est que les entreprises qui fournissent des produits au secteur spatial doivent compter sur une solide base technologique éprouvée avant de faire leur entrée sur le marché spatial. En d'autres termes, l'entreprise doit d'abord être très solide sur le plan des activités principales, et elle doit avoir importé son expertise dans le cadre d'une stratégie de diversification. Mais la réalisation d'activités dans le secteur spatial comprend son lot de difficultés, surtout pour les petites et moyennes entreprises qui réalisent un faible volume d'activités en lien avec l'espace. Les coûts associés à l'adaptation des technologies aux exigences, opposés aux faibles volumes et à la prévisibilité limitée des activités à long terme, peuvent rendre les activités spatiales intenables pour les petits fournisseurs. Cela est particulièrement vrai au Canada puisque les intervenants de l'industrie établissent souvent un lien entre l'absence d'une masse critique d'activités les rendant vulnérables et la constance et la fréquence des contrats. De telles contraintes ont déjà obligé plusieurs entreprises canadiennes à quitter le secteur spatial ou à prendre des mesures pour réduire leurs activités. Cette situation risque de faire perdre au Canada ses capacités clés si les programmes gouvernementaux ne garantissent pas des capacités de base en R-D en appui à un écosystème canadien durable dans le secteur spatial. Le tableau 10 présente les nombreux fournisseurs présents dans la chaîne de valeur qui prennent part au développement des capacités spatiales en collaboration avec deux des principaux fabricants de ce secteur.

TABLEAU 10 : DEUX JOUEURS CANADIENS DU SECTEUR SPATIAL ET LEURS FOURNISSEURS

	COMDEV	MAGELLAN
Nombre de fournisseurs	30	10
Type de fournisseurs	Ateliers d'usinage, équipement électronique, éléments d'optique et capteurs	Matériel et composants électriques et mécaniques, composites de pointe
Exemples d'apports	Intrants provenant de plusieurs secteurs technologiques, stratégies de mise en marché, normes et processus.	Les processus hérités du secteur de l'aérospatiale comprennent le processus relatif aux débris et aux objets étrangers (FOD) adapté pour la fabrication des engins spatiaux; le processus des 5 « S » <i>Sort, Straighten, Shine, Standardize and Sustain</i> (trier, redresser, briller, normaliser, faire durer dans le temps [traduction libre]), adapté de Boeing.

3.2 RETOMBÉES

Retombées du secteur spatial

On entend par « retombée » tout produit ou développement dérivé accessoirement de l'application des connaissances ou de la réalisation d'activités.²⁷ Dans la communauté des affaires, on entend par « retombées » une entreprise dont les activités reposent sur des produits ou des technologies élaborés au départ par une société mère, une université ou un institut de recherche.²⁸ Au cours des récentes années, la communauté spatiale a fait de plus en plus référence aux retombées (aussi désigné « effets externes », « effets d'entraînement », ce concept est parfois aussi intégré à la notion de transfert de technologies) pour démontrer comment les technologies mises au point pour des missions ou des solutions spatiales peuvent stimuler le développement de nouveaux produits ou de nouvelles solutions dans d'autres secteurs de l'économie.

Les agences spatiales sont différentes en ce qui concerne l'accent qu'elles mettent sur les programmes officiels pour élaborer ces nouveaux produits. La NASA et l'ESA en sont d'excellents exemples. La NASA est certainement l'organisme le plus actif en matière de publication des retombées engendrées par ses programmes. Pour la NASA, une retombée est une technologie qui a été élaborée à l'origine pour satisfaire le besoin d'une mission, qui a été transférée avec succès dans le domaine public et qui profite maintenant aux É.-U. et au monde entier en qualité de produit ou de service commercial. Ces retombées sont transférées dans le domaine public par le biais de divers partenariats avec l'industrie ou d'autres organismes gouvernementaux. Sous l'égide de la Direction des technologies spatiales, les activités de développement de partenariats et d'intégration stratégique gérées par Partnerships, Innovation and Commercial Space (PICS) et par les bureaux d'intégration stratégique (SI) sont responsables des activités de transfert et de commercialisation, de coordination interagences et des activités conjointes, de la gestion de la propriété intellectuelle et des possibilités de partenariats avec les autres organismes gouvernementaux et l'industrie. Avec un budget de 19,5 millions de dollars en 2012, cela représente 0,11 % du budget global de la NASA. Ainsi, depuis 1976, la NASA a fait état de plus de 1 800 technologies dérivées dont la commercialisation a contribué au développement de produits et de services dans les domaines de la santé et de la médecine, des transports, de la sécurité publique, des biens de consommation, de l'énergie et de l'environnement, des technologies d'information et de la productivité industrielle.²⁹ Parmi les exemples bien connus de technologies dérivées, citons les aliments lyophilisés, la mousse à mémoire de forme que l'on utilise de nos jours dans les matelas et les oreillers, et les revêtements antirayures que l'on applique sur les verres de lunettes. Parallèlement, avec un financement

de 271 millions de dollars US en 2012, lequel représente 1,5 % du budget global de la NASA, les programmes de soutien au transfert technologique, comme les programmes Small Business Innovative Research (SBIR) et Small Business Technology Transfer visent à permettre aux petites entreprises de mettre au point des technologies ayant un fort potentiel de commercialisation, ce qui contribue à accroître le nombre de technologies dérivées élaborées dans le cadre du programme spatial de la NASA.

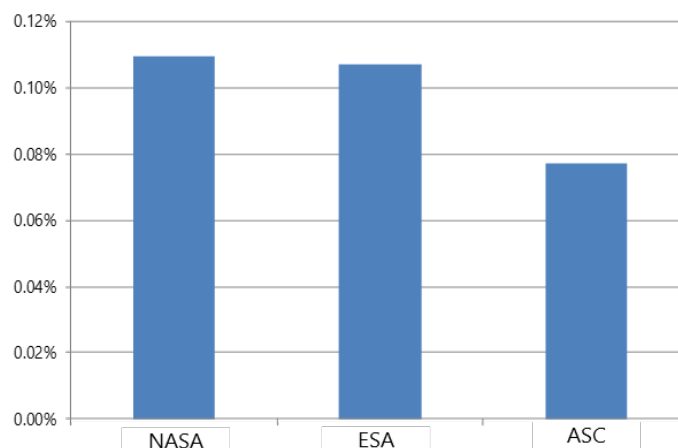
Le Programme de transfert de technologies, géré par le Bureau du Programme des transferts technologiques de l'ESA (TTPO), favorise la diffusion des technologies élaborées pour le compte du programme spatial de l'ESA dans d'autres secteurs. Les transferts portent notamment sur les systèmes de purification d'air pour les unités de soins intensifs des hôpitaux, l'analyse radar des parois rocheuses des tunnels pour améliorer la sécurité des mineurs, et divers matériaux évolués intervenant dans la confection d'une vaste gamme de produits sportifs, allant des bateaux de course aux espadrilles.³⁰ Parallèlement à ces efforts de promotion des transferts de technologies, et avec un budget annuel d'environ 4,5 millions d'euros représentant 0,11 % du budget annuel de l'ESA, le TTPO de l'ESA appuie également des installations d'incubation d'entreprises à divers endroits, un réseau de transfert de technologies, et fournit un soutien à l'investissement aux entrepreneurs, aux entreprises qui émergent et aux autres entreprises européennes.

Retombées du Programme spatial canadien

Le Bureau de la gestion de la propriété intellectuelle et du transfert de technologies de l'ASC a pour mandat de faciliter le transfert de la propriété intellectuelle associée à la technologie mise au point dans le cadre des activités de l'ASC en vue d'applications commerciales et de R-D. Le Bureau de la propriété intellectuelle et du transfert de technologies (IPTT) dispose d'un budget annuel de 300 000 dollars par année, ce qui représente 0,08 % du budget total de l'ASC en 2012 et ce qui est inférieur, mais dans l'ensemble comparable, à la part du budget de l'ESA et de la NASA consacrée à des activités similaires. L'IPTT de l'ASC gère 93 technologies actives, 67 secrets commerciaux, 26 technologies brevetées dans divers pays (82 brevets) et 33 marques officielles (protégées seulement au Canada). De ces technologies, 29 ont été cédées sous licence à l'industrie ou au milieu universitaire.

FIGURE 29 : PORTION DU BUDGET ALLOUÉE AUX ACTIVITÉS DE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE

NASA, ESA ET ASC (2012)



Sources : NASA, ESA, ASC et Euroconsult

En outre, par le biais de son mandat qui est d'accroître le nombre de nouvelles applications tirant profit des technologies spatiales, le Programme de développement de technologies d'exploration avancées (DTEA) de l'ASC encourage l'innovation. Selon l'évaluation faite par l'ASC du programme DTEA,³¹ environ 65 % des bénéficiaires de contrats du DTEA ont signalé que leur organisation a transféré des solutions du DTEA vers de nouvelles applications ou des applications améliorées entre 2008 et 2013. De ces bénéficiaires, 87 % ont transféré entre une et trois solutions en applications nouvelles et améliorées, pour un total de 38 applications parmi les 23 titulaires de contrats du programme DTEA. Une liste non exhaustive des applications terrestres élaborées figure au Tableau 11 ci-dessous.

TABLEAU 11 : NOUVELLES APPLICATIONS TERRESTRES ÉLABORÉES PAR LE BIAIS DU PROGRAMME DTEA DE L'ASC (ÉCHANTILLON)

TECHNOLOGIE ÉLABORÉE AU DÉPART	APPLICATION ADAPTÉE
Technologie de pile à combustible élaborée pour les rovers d'exploration planétaire	Adaptée pour une utilisation à bord des sous-marins et des avions
Interface médicale utilisée dans l'espace	Adaptée pour réaliser des échographies en régions éloignées
Systèmes de vision élaborés pour les rovers d'exploration planétaire	Adaptés pour une utilisation en tant que capteurs laser pour naviguer dans des champs de mines et pour l'atterrissage d'hélicoptères
Technologies robotiques élaborées pour l'entretien en orbite	Adaptées pour des utilisations médicales, notamment pour la neurochirurgie et le dépistage du cancer du sein, et automatisées pour une utilisation en tant que solution nucléaire

Source : ASC

Retombées découlant des contrats de l'ASC

Une analyse récente menée par l'École des hautes études commerciales (HEC) de Montréal et portant sur les retombées associées aux contrats de l'ASC a conclu que chaque dollar investi engendrait en moyenne 1,2 dollar en retombées.¹ En d'autres termes, pour les 357 millions de dollars investis par l'ASC, l'industrie spatiale canadienne a fourni 408 millions de dollars de plus à l'économie canadienne. Ces retombées sont le résultat d'avantages issus de la bonne réputation du Canada ou de réseaux découlant de la participation à des projets spatiaux, de la vente de produits issus de contrats conclus avec l'ASC ou d'améliorations à la structure organisationnelle/la production suite à l'expérience acquise dans le cadre de contrats spatiaux.

**TABLEAU 12 : RETOMBÉES DES CONTRATS DE L'ASC AYANT FAIT L'OBJET D'UNE ANALYSE
(2005-2014)**

NOMBRE DE PROJETS	103
VALEUR TOTALE	357 M\$
VALEUR MOYENNE PAR PROJET	3,46 M\$
MULTIPLICATEUR MOYEN PAR PROJET	0,99
MULTIPLICATEUR MOYEN PONDÉRÉ PAR PROJET	2,20
VALEUR TOTALE DES RETOMBÉES	408 M\$

Source : HEC

Les résultats clés de l'évaluation des retombées des contrats de l'ASC sont les suivants :

- > 30 % des contrats ont produit des retombées
- > 70 % des retombées sont liées aux exportations, ce qui signifie que les contrats ont engendré des possibilités d'exportation pour les entrepreneurs.
- > Le secteur en aval montre un taux de succès supérieur en termes de retombées, mais il affiche un multiplicateur moyen pondéré plus faible par rapport au secteur en amont.
- > Plus un secteur est commercial, plus la valeur des retombées est élevée; les communications par satellite et, dans une moindre mesure, l'observation de la Terre, sont les secteurs qui affichent les plus importantes retombées puisque les entreprises sont en mesure de tirer rapidement profit des dépenses faites par le gouvernement au départ.
- > Dans le secteur de l'exploration spatiale, les fonds fournis par le gouvernement sont essentiels pour élaborer et préserver les technologies et les produits. Or, la possibilité de générer des retombées commerciales est plus limitée ou nécessite plus de temps dans ce secteur que dans les autres. Suite à l'attribution de fonds par des programmes tels le PDTS et le DTEA, des entreprises telles INO, Ontario Drive and Gear et Neptec Design ont mis sur pied de nouvelles sociétés ou commercialisées de nouveaux produits. L'une des retombées canadiennes les plus connues est le NeuroArm, un dispositif chirurgical fondé sur le bras robotique Canadarm, fabriqué par MDA. L'étude de cas ci-dessous montre à nouveau comment les activités d'exploration spatiale peuvent produire de telles retombées.

ÉTUDE DE CAS N° 4 – RETOMBÉES DES TECHNOLOGIES MISES AU POINT PAR NEPTEC

ACTIVITÉS SPATIALES RÉALISÉES PAR NEPTEC	RETOMBÉE
<ul style="list-style-type: none"> Établie à Ottawa, mais possédant des installations satellites au Texas et à Oxford (en Angleterre), Neptec Design Group (Neptec) a été fondée en 1990 et se spécialise dans l'élaboration et l'intégration de capteurs intelligents et de charges utiles destinés au marché spatial, ainsi que dans la prestation d'un soutien connexe. En qualité d'entrepreneur principal de la NASA depuis 1995, Neptec a mis au point des systèmes qui ont volé à bord de la navette spatiale dans le cadre de 40 missions. Ces systèmes comprennent notamment le système de caméra laser, le capteur TriDAR de rendez-vous et d'amarrage automatique et le Système de vision spatiale. Historiquement, la NASA compte pour plus de 80 % des revenus de l'entreprise, mais de nombreux contrats ont été conclus après la fin du programme de la navette spatiale et la part de la NASA dans les revenus de Neptec a diminué. Les activités que mène Neptec dans le domaine de la R-D en solutions de visionique ont engendré un portefeuille de brevets et de technologies exclusives comprenant des capteurs 3D, des algorithmes de traitement d'images 3D, des logiciels et des conceptions de technologies robotiques. 	<ul style="list-style-type: none"> Créée en 2011, Neptec Technologies est issue de Neptec Design Group dans le cadre de sa stratégie de diversification visant à commercialiser des technologies spatiales, y compris les capteurs OPAL (Obscurant Penetrating Auto-synchronous LiDAR) et le logiciel 3DRi. Les produits élaborés par Neptec Technologies ont été adaptés à des fins d'applications terrestres, offrant des capacités de vision en 3D en temps réel ainsi que des capacités d'acquisition de données pour les solutions d'automatisation des machines et des applications robotiques utilisées dans des milieux inhospitaliers. Les sociétés Trimble et Peck Tech Consulting intègrent toutes les deux des scanneurs et des logiciels de Neptec dans des solutions géospatiales et de gestion de l'information destinées au secteur minier. Les capteurs commerciaux produits par Neptec sont capables d'acquérir des données par balayage dans l'obscurité totale, la poussière, la neige, la pluie et le brouillard, tout en étant particulièrement résistants aux chocs et aux vibrations. Ces avantages constituent des caractéristiques clés pour les sociétés minières, pétrolières et gazières qui mènent des activités d'exploration et de production dans des régions éloignées et inhospitalières. Tournées vers l'avenir, Neptec Technologies et Neptec Design Group continueront de tirer profit de la R-D et de la propriété intellectuelle bidirectionnelle.

3.3 ACTIVITÉS DE R-D MENÉES PAR LE SECTEUR PRIVÉ

La R-D stimule l'innovation au sein de l'économie nationale

Alors que les dépenses en R-D industrielle représentent les investissements du secteur privé dans le développement de nouvelles idées, de nouvelles technologies et de nouveaux processus pour stimuler les affaires³², l'intensité de la R-D, exprimée en pourcentage du PIB, reflète le niveau d'investissement relatif d'une nation ou d'un secteur de l'économie dans la création de nouvelles connaissances.³³

Les investissements du secteur privé dans la R-D génèrent de nombreuses retombées économiques tangibles et intangibles, y compris, sans toutefois s'y limiter, le développement et l'amélioration de technologies et de produits, l'avancement des processus et, plus généralement, l'amélioration de la qualité de vie de la population. Il est connu que le Canada investit peu dans la R-D industrielle par rapport aux autres pays économiquement développés. Le secteur privé du Canada tend à investir une plus petite part de ses revenus dans la R-D, produisant ainsi une faible intensité de R-D; on estime que le rapport est la moitié de celui des É.-U. En 2009, le Canada se classait au 18^e rang des pays de l'OCDE à ce chapitre.³⁴ Selon Statistique Canada, le secteur privé a investi 15,5 milliards de dollars en R-D en 2012, ce qui a produit une faible intensité de R-D de 0,89 % (la moyenne des pays de l'OCDE étant de 1,6 %). Ce faible niveau d'investissement laisse croire que la R-D n'est pas la principale stratégie adoptée par l'ensemble des entreprises canadiennes³⁵, à l'exception de quelques secteurs industriels qui stimulent la R-D au pays. Plus particulièrement, le secteur aérospatial est l'un des secteurs qui stimulent le plus les

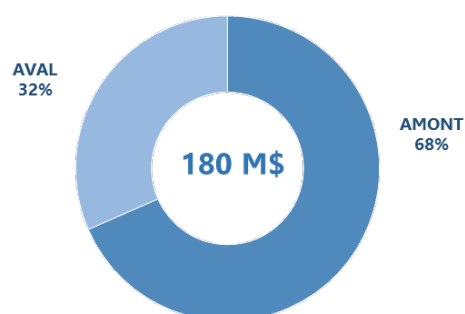
activités de R-D au Canada. Ce secteur, jumelé à cinq autres, compte pour la moitié des efforts de R-D déployés par le secteur privé canadien.

Le secteur spatial canadien est fortement axé sur la R-D

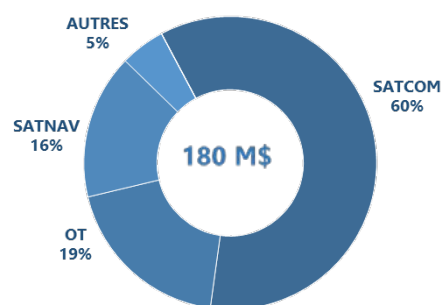
Dans ce contexte, le secteur spatial canadien affiche un rendement très élevé par rapport aux autres industries nationales. En 2013, cette industrie a investi au total 179,9 millions de dollars en R-D, et environ le tiers de cet investissement provenait de ses propres fonds, les deux tiers restants étant issus de sources gouvernementales. En ce qui a trait à l'impact sur le PIB du secteur, cela correspond à une intensité de R-D de 11 % et à 3,3 % de ses revenus, ce qui est de loin supérieur aux autres industries nationales. Or, ce pourcentage se compare avantageusement à ce qui a été observé au sein des secteurs spatiaux extérieurs au Canada : En 2009, le secteur spatial du R.-U. a déclaré un rapport de 2,2 % par rapport aux revenus, et de 4,7 % de son PIB (mais il est financé à hauteur de 75 % par ses propres ressources).³⁶

FIGURE 30 : DÉPENSES EN R-D PAR LE SECTEUR SPATIAL CANADIEN (2013)

PAR CHAÎNE DE VALEUR



PAR APPLICATION



Source : ASC

Le secteur spatial en amont a investi 123 millions de dollars en R-D en 2013 (68 % du financement total), ce qui a résulté en une intensité de R-D très élevée correspondant à 23 % de la valeur de son PIB et à 11 % de ses revenus cumulatifs. Cela démontre la nature technologique des activités de fabrication des systèmes spatiaux, surtout en comparaison avec la moyenne nationale. Encore une fois, le Canada se classe favorablement par rapport aux autres industries spatiales, y compris par rapport aux chefs de file mondiaux. Le secteur spatial européen (secteur en amont seulement) a déclaré un rapport de roulement de 10 % en 2011 (les deux tiers étant liés aux sources de financement gouvernementales, ce qui est similaire au Canada), ce qui représente la moitié du rapport déclaré par le secteur spatial canadien en amont.³⁷ En tant que marché au sein duquel les entreprises canadiennes doivent continuellement améliorer la rentabilité et le rendement de leurs produits dans un environnement mondial compétitif, les communications par satellite stimulent la R-D canadienne liée à l'espace, celles-ci comptant pour environ 60 % du total, notamment en raison de sa portée supérieure par rapport aux autres applications. L'observation de la Terre suit avec 19 %.

3.4 ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET DE RECHERCHE

Une communauté canadienne de recherche spatiale dynamique

La Politique des sciences et de la technologie du Canada³⁸ met en lumière la nature essentielle des sciences et de la technologie pour la prospérité à long terme du Canada et la qualité de vie de la population canadienne. Les installations de recherche spatiale et les chercheurs canadiens continuent de faire du Canada un contributeur de premier plan à l'objectif global de production et de diffusion de connaissances. En 2013, environ 50 universités et instituts de recherche de toutes les provinces (à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard) ont réalisé des études liées au secteur spatial dans les domaines des sciences, de l'ingénierie, des politiques et du droit. L'Ontario et le Québec sont les provinces qui comptent, et de loin, le plus d'instituts de recherche axés sur les activités spatiales, et qui reçoivent le plus de fonds. Les travaux de recherche entrepris portent sur un vaste éventail de phénomènes, allant de la science planétaire et de l'atmosphère au traitement des données de télédétection hyperspectrale et à la mise au point de technologies de nanosatellites et de microsatellites. Bien que les sciences planétaires semblent être la discipline scientifique la plus établie (toutes les provinces comptent au moins une institution réalisant de la recherche dans ce créneau), des percées scientifiques ont été réalisées dans une multitude de domaines au Canada, comme l'illustre le tableau 13.

TABLE 13 : INSTALLATIONS CANADIENNES MENANT DE LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE SPATIAL, ET DISCIPLINES ÉTUDIÉES

PROVINCE	NOMBRE D'INSTITUTS DE RECHERCHE/D'UNIVERSITÉS	FINANCEMENT GOUV. SÉLECTIONNÉ	PRINCIPALES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES
Alberta	4	48 572 357 \$	Observation de la Terre, sciences planétaires, technologies spatiales/terrestres
Colombie-Britannique	3	26 956 563 \$	Sciences de la vie, astronomie, psychologie spatiale
Manitoba	2	6 513 671 \$	Science du climat, sciences planétaires
Nouveau-Brunswick	3	3 174 604 \$	Sciences planétaires
Terre-Neuve	1	839 905 \$	Sciences planétaires
Nouvelle-Écosse	6	8 226 158 \$	Sciences de l'atmosphère, sciences planétaires, observation de la Terre
Ontario	16	142 793 383 \$	Robotique, sciences de la vie, sciences planétaires, géomatique, conception de systèmes spatiaux
Québec	11	71 265 128 \$	Observation de la Terre, robotique, sciences planétaires, sciences de l'atmosphère
Saskatchewan	2	1 592 408 \$	Sciences planétaires, sciences de la vie

Source ASC

En investissant davantage dans les conseils subventionnaires fédéraux (les Instituts de recherche en santé du Canada, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, le Conseil de recherches en sciences humaines et la Fondation canadienne pour l'innovation [FCI]), les instituts de recherche canadiens sont bien placés pour contribuer à une meilleure compréhension du monde dans lequel nous vivons et aux missions spatiales internationales débouchant sur de nouvelles découvertes. Ils y arrivent au moyen d'investissements dans des équipements et des installations de calibre mondial, tels le deuxième Observatoire de géophysique de l'Université d'Athabasca (AUGO II), une installation à la fine pointe de la

technologie consacrée à l'étude des aurores et de leurs origines solaires et terrestres sous-jacentes, et le Laboratoire de vol spatial de l'Université de Toronto, un leader reconnu dans le créneau des technologies de nanosatellites et de microsatellites. Par le biais des conseils subventionnaires (en 2013) et de la FCI (depuis 1998), le Canada a investi plus de 300 millions de dollars dans la mise sur pied de l'infrastructure et des chaires de recherche requises pour appuyer les contributions du Canada au développement du savoir dans le secteur spatial et pour concrétiser l'objectif global du Canada, qui est de maintenir sa place au sein de l'économie du savoir.³⁹

En outre, l'ASC fournit un soutien financier à divers organismes pour que ces derniers puissent développer les connaissances liées à l'espace et innover dans les créneaux prioritaires de l'ASC. Le Programme global de subventions et de contributions de l'ASC fournit une aide financière sous la forme de contributions non remboursables. De l'exercice 2009-2010 à l'exercice 2013-2014, 195 subventions et contributions ont été accordées par le biais de la composante recherche du programme, ce qui représente un financement total de 36,2 millions de dollars au cours de cette période.⁴⁰ Les objectifs du programme sont notamment les suivants :

- > soutenir le développement des sciences et des technologies qui sont liées aux priorités de l'ASC;
- > favoriser le développement continu d'une masse critique de chercheurs et de personnes hautement qualifiées au Canada dans les domaines prioritaires de l'ASC;
- > appuyer la collecte d'information, la recherche et les études relatives à l'espace;
- > permettre aux jeunes et aux éducateurs canadiens de mieux connaître le domaine des sciences et des technologies spatiales au Canada, et les faire participer davantage aux activités connexes;
- > offrir des possibilités d'apprentissage aux étudiants et aux physiciens canadiens dans diverses disciplines liées à l'espace;
- > soutenir les activités des organisations qui se consacrent à la recherche et à l'éducation dans le domaine spatial.

Un moteur de création du savoir

Au cours de la dernière décennie, le Programme canadien de sciences spatiales a principalement porté sur les questions scientifiques touchant la surface de la Terre, l'atmosphère, l'ionosphère, la magnétosphère, Mars et les astéroïdes. Ainsi, bien que les missions spatiales aient été de moins grande envergure, elles ont fait intervenir des concepts et des méthodes de mise en œuvre uniques et elles ont produit de nouvelles connaissances dans des secteurs névralgiques tels la haute atmosphère, les vents atmosphériques, les éléments constitutifs de la stratosphère, l'ozone, les aérosols, l'écoulement d'ions, la variabilité stellaire et la composition de la surface de Mars.⁴¹

La collaboration en sciences spatiales par le biais d'une participation aux missions internationales offre aux chercheurs et aux instituts canadiens davantage d'occasions de contribuer à l'atteinte des objectifs globaux puisque les occasions de missions canadiennes sont plutôt limitées. Les objectifs scientifiques et technologiques peuvent être réalisés au moyen de partenariats dans lesquels le Canada bénéficie d'une visibilité maximale. Par exemple, en 2008, l'équipe scientifique canadienne dirigée par l'Université York qui a pris part à la mission Phoenix de la NASA a découvert qu'il neigeait sur Mars. Cela a mis en vitrine la capacité du Canada à contribuer à des découvertes scientifiques ayant des répercussions mondiales (voir l'étude de cas ci-après).⁴²

Les missions spatiales très prestigieuses comme celle-ci ont une grande incidence sur le profil du Canada à l'international et sur le sens de la réalisation de la population canadienne. Les données de Thomson Reuters indiquent que la part du Canada dans la recherche en sciences spatiales menée à l'échelle mondiale a grimpé de 4 % en 2009 à 7 % en 2013, ce qui témoigne de l'amélioration de son statut dans le domaine de l'astrophysique.⁴³ L'amélioration du statut des chercheurs canadiens à l'échelle mondiale confirme cet état de fait. Par exemple, les cosmologistes de l'Université de la Colombie-Britannique figurent parmi le 1 % des chercheurs les plus influents de la planète dans le domaine des sciences

spatiales, comme l'indique la liste de Thomson Reuters présentant les chercheurs les plus souvent cités en 2014.⁴⁴

ÉTUDE DE CAS N° 5 – CONTRIBUTION CANADIENNE À LA MISSION PHOENIX DE LA NASA	
LA MISSION : PHOENIX	RETOMBÉES DE LA MISSION
<ul style="list-style-type: none"> Le module d'atterrissage Phoenix a descendu sur Mars en 2008 pour étudier l'histoire de l'eau dans la région Arctique de Mars et pour chercher des signes d'une zone habitable et évaluer le potentiel biologique à la ligne de démarcation entre le sol et la glace. Phoenix était un projet mené par plusieurs agences et dirigé par le JPL de la NASA et l'Université de l'Arizona, avec la contribution de l'ASC, d'intervenants de l'industrie tels MDA, et de certaines universités d'Amérique du Nord et d'Europe. Le Canada a notamment fourni la Station météorologique (MET), une contribution de l'ASC. Au moyen d'un instrument au laser (LIDAR) et d'un ensemble de capteurs de température, de vent et de pression, la station MET a suivi les régimes climatiques quotidiens et les changements saisonniers au-dessus du site d'atterrissage. L'ASC a accordé un financement de 37 millions de dollars au projet. L'équipe scientifique canadienne (constituée de membres des universités York, de l'Alberta et Dalhousie, de RNCAN, d'Optech Inc., de Passat Ltd. et de MDA) a piloté l'étude conceptuelle, la caractérisation, la mise à l'essai et la mise en œuvre des instruments. Il s'agissait de la première fois où la technologie du LIDAR était mise en application à la surface d'une autre planète que la Terre. 	<ul style="list-style-type: none"> En balayant et en sondant pour la première fois le ciel arctique martien à un niveau de détail inédit depuis le sol, les chercheurs canadiens ont pu constater comme jamais auparavant la grande activité de l'atmosphère martienne. Les chercheurs utilisent encore aujourd'hui les données uniques recueillies dans la région polaire de Mars afin d'en savoir plus sur la manière dont l'eau passe de l'état de glace à celui de vapeur dans l'atmosphère. Le LIDAR a notamment permis de découvrir que des cristaux de glace d'eau se développent suffisamment pour retomber sur d'importantes distances dans l'atmosphère martienne. Autrement dit, « il neige sur Mars! » Et personne n'en savait rien à ce sujet avant la mission. Les découvertes ont permis de faire progresser le débat à savoir s'il y a déjà eu, ou s'il pourrait y avoir un jour, de la vie sur Mars. Les instruments canadiens ont donné lieu à la publication de 21 articles distincts revus par des pairs dans des revues scientifiques, et à la publication de 50 ouvrages présentés dans le cadre de conférences internationales. Le projet a permis de démontrer l'expertise canadienne et la capacité de notre pays à contribuer à l'atteinte des objectifs scientifiques mondiaux.

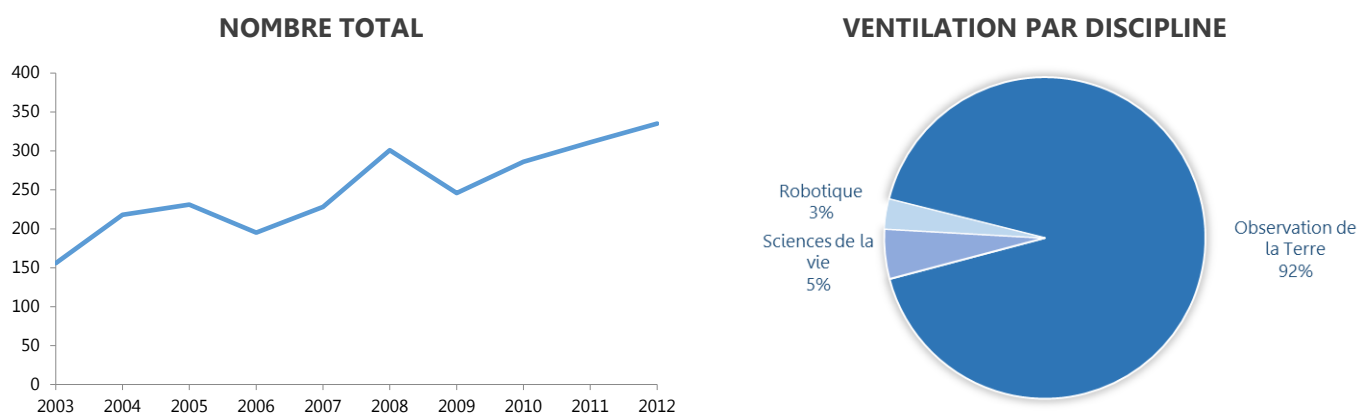
Publications scientifiques canadiennes axées sur l'espace

Ce dossier de publications profite grandement au Canada. En mettant en vitrine la capacité du Canada à produire des connaissances, il inspire les Canadiens. Et sur la scène internationale, il contribue à ce que le Canada soit perçu comme un pays producteur de savoir, ce qui contribue à stimuler les possibilités de partenariats internationaux. L'évaluation des réalisations en recherche est, la plupart du temps, fondée sur le nombre de publications produites au cours d'une période donnée, sur la qualité de celles-ci et sur les revues dans lesquelles elles sont publiées. Toutefois, aucune évaluation détaillée des publications canadiennes dans des disciplines scientifiques liées à l'espace n'est disponible, et une telle évaluation serait très difficile à réaliser. Cependant, une évaluation sélective a été récemment menée pour le compte de l'ASC. Cette évaluation a porté sur 2 507 publications produites par des auteurs et des instituts canadiens, entre 2003 et 2012 en observation de la Terre, en médecine spatiale/sciences de la vie et en robotique spatiale.⁴⁵ Représentant 6,9 % du total mondial, la recherche canadienne se classe 6^e, 3^e et 3^e respectivement pour le nombre de travaux publiés dans ces domaines de la recherche. Ces travaux de recherche sont également cités plus souvent que la moyenne mondiale dans les revues de grande portée (9 904 citations). L'évaluation a permis de dégager les constats suivants :

- > 92 % des publications mises en valeur sont liées à l'observation de la Terre, ce qui représente 6,7 % des activités mondiales dans ce domaine.

- > Si les sciences de la vie et la robotique représentent une portion limitée du total (5 % et 3 %, respectivement), ces domaines représentent une part importante du total des publications dans le monde (8 % et 9,4 %, respectivement).
- > Avec 76 % des publications mises en valeur émanant des universités, les universités de la Colombie-Britannique, de Toronto et de Calgary figurent parmi les plus actives.
- > Tandis que les publications évaluées par des pairs produites par des intervenants de l'industrie sont plus rares, celles-ci étant davantage axées sur la participation à des conférences comme mécanismes de diffusion du savoir, MDA figure parmi les plus solides contributeurs aux travaux canadiens de recherche spatiale publiés.
- > RNCAN, Environnement Canada et Pêches et Océans Canada ont été particulièrement actifs dans le domaine de la recherche en observation de la Terre avec plus de 900 publications entre 2003 et 2012.

FIGURE 31 : PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES LIÉES À L'ESPACE DANS TROIS DISCIPLINES CHOISIES, AU CANADA (2003-2012)



Source : Polytechnique

LA VALEUR STRATÉGIQUE ET SOCIALE DU SECTEUR SPATIAL CANADIEN

1. APPUI À LA SÉCURITÉ ET À LA SOUVERAINETÉ NATIONALES

L'objectif d'Alouette-1 était de mener des recherches visant à améliorer les télécommunications pour les forces armées. Depuis, l'espace est devenu un élément habilitant clé pour les forces armées et, de nos jours, la communauté canadienne de la défense et de la sécurité est devenue l'utilisateur le plus mature et opérationnel de solutions spatiales parmi tous les organismes gouvernementaux. Dans le cadre de ses missions, objectifs et stratégies, le MDN participe de plus en plus au programme spatial national du Canada. Le MDN, en coopération avec RDDC, l'ASC, le CRC et d'autres organismes fédéraux, a entrepris un plan de développement ambitieux de ses capacités spatiales qui vise à appuyer des secteurs comme la connaissance du domaine maritime, la souveraineté dans l'Arctique et les opérations internationales à l'étranger.

1.1 APPUI AUX CAPACITÉS SPATIALES

Imagerie par satellite

La communauté de la défense et de la sécurité est le premier utilisateur opérationnel d'imagerie par satellite au Canada, appuyant directement les domaines de la souveraineté, de la sécurité maritime et des activités de gestion des catastrophes. Le projet Polar Epsilon est la pierre angulaire du développement par le MDN des capacités d'imagerie par satellite. Il vise à améliorer les capacités de surveillance de l'Arctique et des secteurs maritimes du Canada à l'aide de données de RADARSAT-2, ainsi qu'à répondre aux besoins des Forces armées canadiennes dans le cadre de ses activités outremer. Le projet nécessite un investissement de 64,5 millions \$ (CAN) du MDN pour la construction d'un secteur terrestre et de centres de traitement des données et de l'imagerie fournies par RADARSAT-2. En 2013, MDA a signé des contrats avec le MDN pour appuyer des stations terrestres à Masstown (Nouvelle-Écosse) et à Aldergrove (Colombie-Britannique).

Polar Epsilon 2 va renforcer les capacités du MDN au moyen de données de la MCR grâce à une capacité accrue et à un temps de réobservation plus court, ce qui permettra de répondre aux besoins de multiples utilisateurs. La participation du MDN au projet de la MCR, ainsi que les exigences liées à l'acquisition et à la planification de missions sécurisées, signifie qu'il faut une approche à double usage à la MCR par rapport aux missions antérieures de la série RADARSAT.

Les Forces armées canadiennes dépendent aussi de la prestation de données d'OT pour appuyer les activités de renseignement, de surveillance et de reconnaissance (RSR). Par exemple, le Système non classifié de connaissance de la situation par télédétection (URSA) permettra aux Forces armées canadiennes de télécharger des images non classifiées pour appuyer les opérations sur le terrain. La disponibilité de ces données apportera une importante contribution aux opérations appuyées par le Canada.

Communications par satellite

Au fil des ans, les satellites sont devenus une partie intégrante de l'infrastructure de communication moderne des forces armées, compte tenu de la nature de plus en plus axée sur les réseaux de la guerre moderne, où la supériorité en matière d'information est impérative. Selon certaines prévisions, les Forces armées canadiennes pourraient dépenser plus de 100 millions de dollars par année pour acquérir de la bande passante dans des satellites commerciaux d'ici 2022.⁴⁶ Le MDN ne possède aucun satellite militaire qui lui est propre. Il a préféré signer des partenariats stratégiques pour obtenir un accès privilégié à des systèmes alliés de communication par satellite. En 2012, le MDN a signé avec le Département de la Défense des É.-U. (DoD) un accord qui lui confère pendant 20 ans un accès au système militaire de satellites mondiaux à large bande (WGS) qui offre des liaisons sécuritaires en bandes X/Ka, conçu spécialement pour appuyer les plateformes mobiles et comptant de multiples faisceaux ponctuels qui offrent jusqu'à 400 Mb/s aux terminaux individuels. Les autres partenaires du programme WGS américain sont le Danemark, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Nouvelle-Zélande et l'Australie, chaque pays ayant un accès garanti à des canaux de communication indépendants. Le MDN a versé 337 millions \$ pour la construction du neuvième satellite (d'un programme qui en compte dix) et des coûts de soutien opérationnel. On s'attend à ce que le Canada construise un maximum de trois stations terrestres permanentes pour assurer l'accès au système de communication.

Le MDN participe aussi au programme américain Advanced Extremely High Frequency (AEHF) qui offre des communications encore plus sécuritaires et surviables, tout particulièrement des communications antibrouillage hautement sécurisées destinées aux forces nucléaires et aux utilisateurs tactiques. Le Canada finance le tiers de la série de six satellites exploitée par la U.S. Air Force et lancée en 2013. Initialement, l'accès canadien au système est prévu pour une période de 12 ans (le R.-U. et les Pays-Bas sont aussi des partenaires du programme). Le MDN a accepté de dépenser un total de 551 millions \$ dans ce programme, y compris environ 300 millions \$ pour le segment terrestre, acquis dans le cadre du processus des Ventes militaires étrangères (VME) américaines. Ces partenariats donnent au MDN un accès à des capacités de communications mondiales par satellite supérieures pour appuyer les engagements dans des conflits à travers le monde.

SIA spatial

Pour appuyer ses activités de surveillance maritime, le MDN développe actuellement un des systèmes de poursuite SIA spatial les plus perfectionnés du monde pour identifier et repérer les navires. Selon la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) de l'Organisation maritime internationale, tous les navires à passagers et ceux de plus de 300 tonneaux de jauge brute doivent être dotés d'un appareil de poursuite SIA qui permet de les identifier. Aujourd'hui, le MDN utilise des données SIA commerciales fournies par exactEarth, une filiale de COM DEV et le chef de file mondial dans ce marché.

Le MDN appuie le développement de la mission du Microsatellite de surveillance maritime et de messagerie (M3MSat), une mission menée conjointement avec l'ASC et dont le satellite est fabriqué par COM DEV, visant à améliorer la collecte de données SIA et à intégrer cette information avec d'autres données satellitaires afin de faciliter l'identification des navires d'intérêt. Le système sera appuyé par un instrument baptisé Service à faible débit binaire (LDRS), qui transmet les messages SIA aux capteurs terrestres. Le microsatellite M3MSat servira à recevoir et à localiser les signaux numériques transmis par les navires. Ces données seront acheminées à des stations terrestres, puis relayées à des opérateurs de RDDC. On pourra ainsi identifier les navires, connaître leur cap et leur vitesse, veiller à ce qu'ils naviguent légalement et de façon sécuritaire dans les eaux canadiennes, et consigner le tout. M3MSat contribuera

des données SIA pouvant être fusionnées avec des données SAR de RADARSAT 2 pour la connaissance du domaine maritime. On prévoit installer un capteur SIA intégré à bord des satellites de la MCR. Cette dernière pourra alors recueillir et décoder les transmissions SIA dans des environnements où le trafic maritime est dense.

exactEarth a obtenu une licence du MDN lui permettant de commercialiser les données SAI recueillies à l'aide du M3MSat et d'intégrer ces données aux renseignements obtenus d'autres satellites d'exactEarth.

Surveillance spatiale

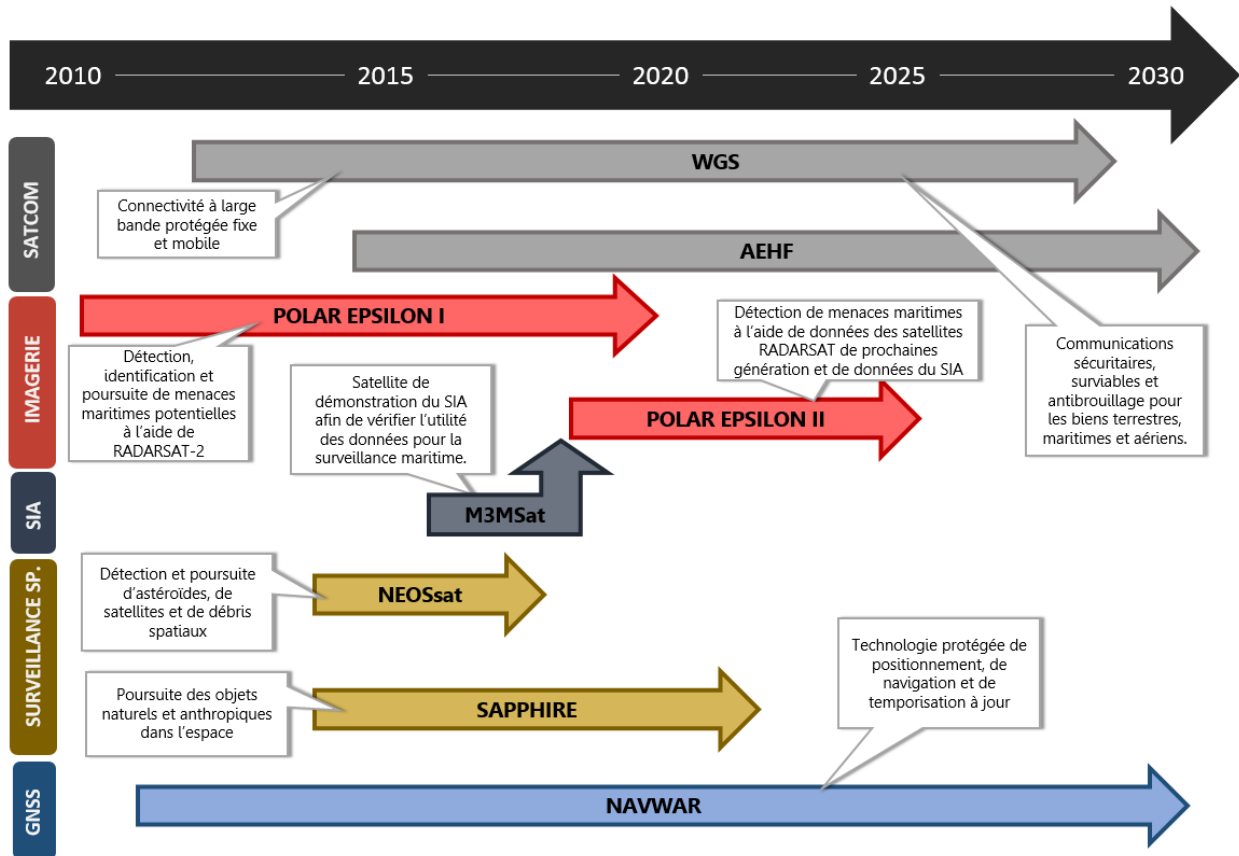
Le MDN accorde également un financement en vue de la démonstration d'applications de sécurité plus larges. Cela comprend la mission NEOSSat, un projet mené conjointement avec l'ASC et RDDC visant à détecter et à faire la poursuite d'astéroïdes et d'objets spatiaux, et le premier satellite de la défense dédié, Sapphire, utilisé pour la surveillance spatiale – tous deux lancés en 2013. Sapphire identifie et catalogue des objets spatiaux en orbite (OSO), puis calcule leur orbite et leur trajectoire. Il sert également à identifier les engins spatiaux désatellisés, ce qui permet de donner des avertissements pour prévenir les fausses alarmes dans les systèmes d'avertissement radar canadiens et alliés. Sapphire a été construit par MDA, qui exploite le système Sapphire et en assure la maintenance pendant cinq ans après la mise en service, relaie les tâches attribuées du MDN au satellite, traite l'information recueillie et envoie les données au Centre d'opération du système de détecteurs (COSD) exploité par le MDN. Sapphire contribue au Réseau américain de surveillance spatiale.

GNSS

Le MDN a intégré des solutions GNSS à toutes les branches des Forces armées canadiennes. Des données de positionnement et de temporisation exactes sont essentielles aux opérations pour les soldats, véhicules, navires ou aéronefs canadiens déployés sur le terrain. Parmi les applications particulières, citons la navigation en terrain inconnu, la navigation des UAV, la planification de la reconnaissance et la cartographie de territoire hostile. Si le Canada n'exploite pas sa propre infrastructure GNSS, le Programme NAVWAR (Guerre de navigation) du MDN vise à protéger les ressources de navigation, de guidage et de communication fondées sur le système GPS utilisées par les Forces armées canadiennes. NAVWAR cherche à améliorer et à intégrer les capacités GNSS et de navigation des Forces armées canadiennes pour assurer l'interopérabilité de l'information et de l'équipement avec les alliés du Canada. Les données de positionnement géospatial obtenues du GNSS, le système NAVSAT américain, sont la ressource primaire utilisée dans le cadre des opérations militaires canadiennes.

La figure 32 explique en détail le développement des principaux projets d'infrastructure spatiale militaire dédiée du MDN.

FIGURE 32 : APERÇU DE L'INFRASTRUCTURE MILITAIRE SPATIALE DÉDIÉE PRINCIPALE DU MDN



1.2 AVANTAGES ET RÉSULTATS

Connaissance améliorée du domaine maritime

Le Canada possède le plus long littoral du monde et une zone de responsabilité maritime mesurant plus de 11 millions de kilomètres carrés. En tout temps, il peut y avoir jusqu'à 1700 navires dans cette zone. Cet environnement maritime impose de grandes responsabilités au gouvernement du Canada qui doit veiller à la surveillance des activités criminelles, faire la poursuite des navires, appliquer les lois, assurer la protection contre les conditions météo extrêmes et les événements phénomènes glaciels, mener des activités de recherche et sauvetage, et, de manière plus générale, préserver la sécurité et la souveraineté nationales.

Le MDN travaille depuis 2003 à l'utilisation de capteurs spatiaux pour la connaissance du domaine maritime afin de développer des applications de détection de navires à l'aide de dispositifs SAR spatiaux, de traiter les données SIA et de fusionner les données SAR et SIA (pour identifier les navires et faire la correspondance avec ceux qui sont dotés d'un émetteur SIA pour identifier les navires inconnus). Le but est d'utiliser les systèmes satellitaires afin d'identifier et, potentiellement, d'intercepter les activités illégales ou étrangères le long du littoral canadien.

- > Polar Epsilon donne au MDN un positionnement rapide des navires pour la connaissance du domaine maritime. À l'aide de données RADARSAT 2, les navires qui se trouvent en eaux canadiennes ou à proximité de ces dernières sont détectés, classifiés et suivis pour permettre de mieux identifier les navires d'intérêts. Les données sont intégrées dans un tableau de la situation maritime (RMP), puis partagées avec d'autres intervenants de la sécurité maritime. Avec un fichier de produit d'imagerie livré en moins de 15 minutes, le MDN profite d'une détection des navires et d'une surveillance maritime par satellite en temps quasi réel. Par ailleurs, le MDN a pu déployer plus efficacement sa flotte d'aéronefs CP140 grâce aux données RADARSAT pour cerner plus précisément les zones d'intérêt, au lieu d'étendre sa surveillance à des zones d'océan vides. On estime que cela s'est traduit par une réduction d'environ 60 % des vols de CP140.⁴⁷
- > Polar Epsilon 2 va étendre considérablement les capacités du MDN dans la connaissance du domaine maritime grâce à un segment spatial radar et SIA intégré offert par la MCR. Cela permettra l'identification et la poursuite mondiale des navires (avec des données de couverture mondiale en moins de trois heures), la couverture de l'Arctique quatre fois par jour et une couverture quotidienne des approches océaniques continentales. Les capacités SAR et SIA intégrées permettront d'étiqueter les navires non conformes, en mettant l'accent sur les navires ayant un comportement anormal, ce qui entraînera des activités de renseignement et d'application des lois plus efficaces de la part des organismes de défense et de sécurité du Canada.
- > Le programme des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) de la Garde côtière canadienne recueille et diffuse de l'information qui facilite le transport maritime fondé sur des biens spatiaux. Les navires doivent communiquer avec les centres particuliers du SCTM à l'aide de communication par satellite pour s'acquitter de leurs obligations en matière de déclaration avant d'entrer dans les eaux canadiennes. La vérification des navires se fait par l'échange de données dans le Système d'information sur la gestion du trafic maritime et les renseignements sont partagés avec TC et d'autres ministères.

La capacité améliorée de surveillance maritime a permis au Canada de jouer un rôle clé dans le cadre de l'opération maritime multinationale appelée « Opération Driftnet », qui surveillait la pêche illégale dans le nord-ouest de l'océan Pacifique. Opération DRIFTNET est une opération récurrente des Forces armées canadiennes menée pour venir en aide à Pêches et Océans Canada. C'est ainsi que le Canada participe à des efforts multinationaux visant à contrôler l'utilisation de filets dérivants et d'autres formes de pêche illégale, non réglementée et non déclarée dans le nord du Pacifique. La mission et ses résultats connexes sont décrits en détail dans l'étude de cas ci-dessous.

ÉTUDE DE CAS N° 6 – OPÉRATION DRIFTNET	
CONTEXTE DE LA MISSION	CONTRIBUTION DU CANADA ET IMPACTS
<ul style="list-style-type: none"> • L'utilisation de filets dérivants en haute mer est une pratique de pêche néfaste pour l'environnement qui fait l'objet d'un moratoire mondial imposé par une résolution de l'Assemblée générale de l'ONU depuis 1992. • L'utilisation de filets dérivants est une technique qui fait appel à de vastes panneaux de filets, généralement de 10 à 15 mètres de large et jusqu'à 20 kilomètres de longueur, qui sont dotés de flotteurs et de poids, de sorte qu'ils pendent dans l'eau pour attraper des poissons et d'autres animaux sauvages. • Traditionnellement fabriqués de matériaux qui permettaient aux petites espèces et à de jeunes poissons de s'échapper, les filets dérivants modernes sont fabriqués de matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Les premiers vols de patrouilles d'Opération DRIFTNET ont eu lieu en 1993. • La contribution du Canada à Opération DRIFTNET est une force opérationnelle constituée des escadrons de patrouille à longue portée de l'Aviation royale du Canada et de leurs aéronefs de patrouille maritime CP-140 Aurora. À l'aide des capteurs électroniques perfectionnés de l'Aurora, les agents des pêches et les opérateurs de l'Aurora cherchent des signes de pêche illégale et saisissent des images qui serviront de preuves pour les mesures d'application de la loi. Des liaisons satellitaires sont utilisées pour les communications et la transmission des données en temps réel.

synthétiques tissés serrés, comme du monofilament en nylon. Ainsi, en plus d'attraper les espèces visées comme le saumon, le thon et le l'espadon, les filets dérivants modernes piègent de grands nombres de mammifères marins, d'oiseaux et de tortues, ainsi que d'importantes quantités de poissons dont la maturité, la taille ou l'espèce les rendent invendables.

- De 1989 à 1991, l'Assemblée générale de l'ONU a pris trois résolutions de plus en plus strictes contre la pêche au filet dérivant. La dernière demandait à tous les membres de la communauté internationale de mettre en œuvre un moratoire mondial sur la pêche pélagique à grande échelle au moyen de filets dérivants à compter du 31 décembre 1992 et interdisait les filets de plus de 2,5 kilomètres de longueur.
- Dans le cadre d'Opération Driftnet, les pays membres de la Commission des poissons anadromes du Pacifique Nord (CPAPN), y compris le Canada, le Japon, la Fédération de Russie, la Corée du Sud, les États-Unis et la Chine (non-membre coopérant), travaillent à détecter et à intercepter les navires qui participent à la pêche illégale, non déclarée et non réglementée dans le nord du Pacifique.
- Opération DRIFTNET est appuyée par des images du satellite RADARSAT-2 et d'autres renseignements compilés avec l'appui des Forces armées canadiennes et le projet Polar Epsilon du ministère de la Défense nationale.
- Opération DRIFTNET est un élément important de la contribution du Canada à la CPAPN. Plus de quatre millions de kilomètres carrés du Pacifique Nord sont surveillés chaque année par des patrouilles qui sont menées tout au long du printemps, de l'été et de l'automne. Lorsque des activités illégales par un navire sont confirmées par une patrouille, le pavillon du navire est identifié et le pays de ce navire est responsable de poursuivre le contrevenant.
- Opération DRIFTNET a un effet dissuasif considérable. On a remarqué une très forte baisse du nombre d'observations et de captures de navires de pêche illégaux, grâce en partie à l'efficacité des patrouilles aériennes à longue portée et à la surveillance par satellite.

Soutien à la souveraineté dans l'Arctique

L'assurance de la souveraineté dans l'Arctique est un grand défi à relever, surtout dans un contexte où les pays de l'Arctique se disputent la souveraineté territoriale et les droits maritimes dans la région. Le Canada compte un nombre croissant de personnel de la Défense, de navires de la Marine (frégates canadiennes de patrouille et patrouilles sous-marines) et d'aéronefs qui sont actifs dans la région pour des exercices et dans des bases. De plus, le MDN s'exerce à des procédures de défense opérationnelles dans l'Arctique dans le cadre de trois grands exercices : Nanook, Nunaliut et Nunakput. Nanook est le plus grand et il a été mené dans les îles de Baffin en 2011 avec des participants canadiens (1 100) et internationaux (100). Environ 250 militaires canadiens participent à l'exercice Nunaliut à Resolute Bay en avril et Nunakput est un exercice de deux mois et demi concentré dans la mer de Beaufort. Par ailleurs, Resolute Bay accueille depuis 2013 une nouvelle base militaire qui peut héberger jusqu'à 140 soldats qui reçoivent un entraînement en matière de surveillance et mènent des opérations de sauvetage, surtout l'hiver. La base est également occupée par des chercheurs du Programme du plateau continental pendant l'été.

Les activités de défense croissantes dans l'Arctique exigent une plus grande infrastructure, au cœur de laquelle les biens spatiaux jouent un rôle essentiel.

- > La provision de services de communication robustes dans l'Arctique est impérative pour la réussite des opérations de commandement et de contrôle des Forces armées canadiennes, tant pour les stations fixes que les unités mobiles (terrestres, maritimes et aériennes, y compris les UAV). On peut préférer les systèmes satellitaires, compte tenu de la fiabilité et de la transparence des transmissions, comme le fait qu'un canal à un seul saut offre une meilleure protection des signaux contre l'interception. À l'avenir, le MDN prévoit une augmentation importante de ses besoins en communication pour appuyer les opérations mobiles et fixes.
- > Dans le cadre du projet Polar Epsilon, le MDN a commencé à équiper des stations satellitaires terrestres de manière à permettre un usage opérationnel de RADARSAT-2 pour la surveillance de l'Arctique, un bien capital lorsque l'on tient compte du développement de la navigation maritime dans la région. La Garde côtière canadienne aussi se fie à l'imagerie satellitaire pour remplir son mandat de déglacage et de gestion des glaces, qui comprend le routage du trafic maritime et des services d'escorte, l'entretien des chenaux, l'ouverture des ports, la lutte contre les inondations et le réapprovisionnement du Nord. Parmi les avantages que cela présente, citons la réduction des

temps de transit, des retards causés par les glaces, des accidents et de la consommation de carburant.⁴⁸

Facilitation des opérations militaires à l'étranger

À la fin de 2013, le Canada comptait environ 1 500 soldats, marins et aviateurs déployés dans 14 opérations à travers le monde.⁴⁹ Cela exige que les Forces armées canadiennes disposent des capacités nécessaires pour faire une contribution significative dans tout l'éventail des opérations internationales, de l'aide humanitaire au combat, en passant par les opérations de stabilisation. Le Canada a participé à de nombreuses opérations militaires internationales, la plupart sous les auspices de l'ONU et de l'OTAN. Les Forces armées canadiennes doivent donc être prêtes à se déployer à tout moment, dans n'importe quelle région du globe.

De nos jours, les biens spatiaux sont un facteur habilitant essentiel pour permettre aux Forces armées canadiennes d'être prêtes à maîtriser la complexité des défis internationaux en pleine évolution, à contribuer à la paix et à la stabilité internationales, et à déployer des forces militaires pour appuyer des partenaires et des alliés à travers le monde.

Les Forces armées canadiennes utilisent des données satellitaires pour recueillir du renseignement par imagerie (IMINT) et du renseignement géospatial (GEOINT), qui fournissent un appui essentiel à des activités comme :

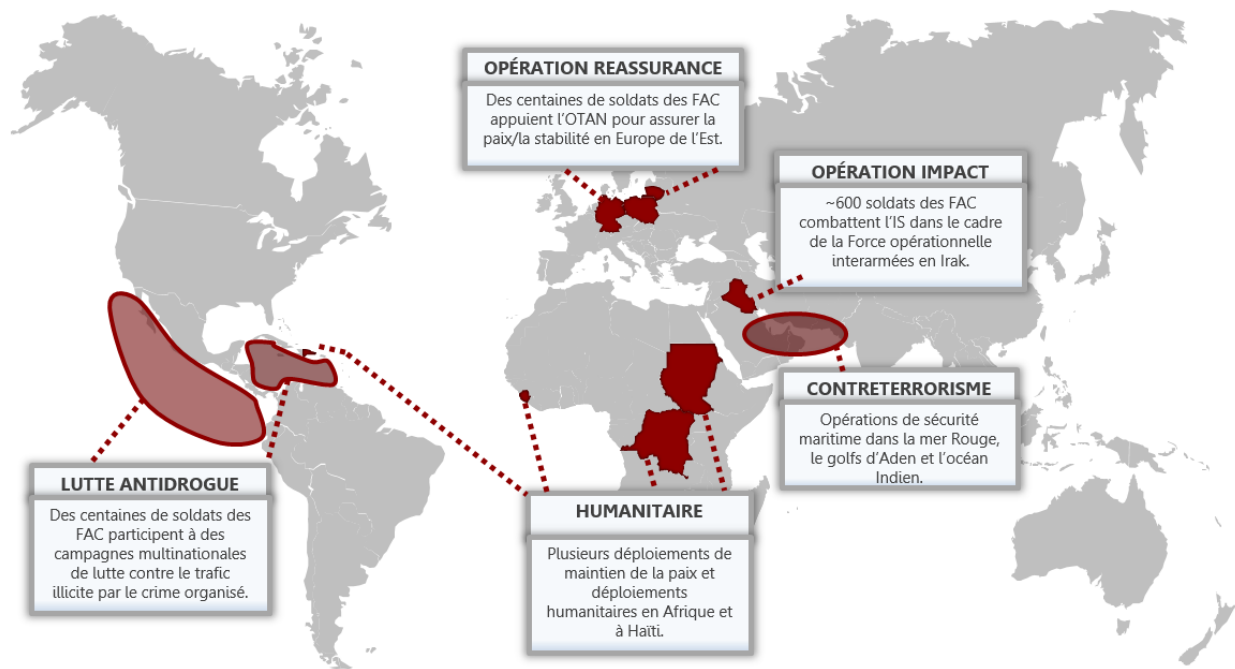
- > les activités d'information militaires pour la prise de décisions critiques et les combattants (cartographies de régions, identification des cibles, reconnaissance, etc.);
- > la planification militaire : les données servent à appuyer la logistique pour des missions particulières, la planification de la logistique pour le déploiement des ressources, l'exécution de scénarios de répétition, l'évaluation des dommages de combats et l'évaluation de l'infrastructure;
- > la surveillance de l'infrastructure critique : les données servent à surveiller l'infrastructure critique, y compris les aéroports, les gazoducs, etc., afin d'appuyer le renseignement antiterroriste.

Par ailleurs, le Projet de soutien spatial commun (PSSC) crée un système de connaissance de la situation liée à la télédétection qui donnera aux Forces armées canadiennes la capacité de télécharger des images directement à partir de satellites commerciaux, lorsque ces derniers survolent des zones d'intérêt, pour appuyer les commandants sur le terrain. La disponibilité et le caractère opportun de ces images non classifiées feront une importante contribution aux opérations internationales et coalisées qu'appuie le Canada. D'autres images peuvent être obtenues dans le cadre d'ententes canadiennes de coopération conclues avec le Département de la Défense des É.-U.

Aujourd'hui, le personnel et les biens (navires, camions et aéronefs) des Forces armées canadiennes qui sont déployés à l'étranger sont liés grâce à des satellites de communication, par l'entremise de systèmes commerciaux ou propriétaires. L'accès aux constellations de satellites américaines WGS et AEHF donne au MDN de multiples avantages, y compris un plus grand contrôle, une sécurité accrue, une plus grande largeur de bande disponible pour les militaires par une meilleure adaptation à leurs besoins, un risque réduit d'interférence et, ce qui pourrait être l'élément le plus important, une interopérabilité complète avec les forces armées des É.-U. et des autres pays alliés. De plus, il contribue à la supériorité du MDN en matière d'information, ce qui rend possible le déploiement rapide de réseaux de communication plus performants, grâce à l'ubiquité que seuls les satellites peuvent offrir dans des environnements austères, sans oublier une collecte et une diffusion améliorées du renseignement, ainsi que des cycles de décision plus courts et flexibles. L'essentiel de la capacité sert à des activités de surveillance, notamment pour appuyer l'usage de véhicules aériens sans pilote (UAV), mais les domaines d'utilisation comprennent aussi la connectivité des camps militaires pour le bien-être des troupes, la connectivité maritime à large bande

et la connectivité pour les opérations dans les théâtres, y compris une part grandissante d'applications mobiles à large bande.

FIGURE 33 : PRINCIPAUX DÉPLOIEMENTS DES FORCES ARMÉES CANADIENNES À L'ÉTRANGER



Source : Ministère de la Défense nationale

2. UNE PARTIE DE LA VIE QUOTIDIENNE DES CANADIENS

Le secteur spatial, de manière peut-être moins visible que d'autres secteurs technologiques, est devenu de plus en plus omniprésent dans la vie des Canadiens. En effet, il assure leur sécurité personnelle, améliore leur qualité de vie et sert même de source d'inspiration.

2.1 L'ESPACE POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DE VIE

Services météorologiques

La prestation de services météorologiques publics est une pratique normalisée dans de nombreux pays qui tire profit des biens spatiaux fournis par plusieurs pays et coordonnés par l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Au Canada, compte tenu des conditions météo potentiellement extrêmes et du vaste territoire, des données météorologiques exactes sont essentielles pour appuyer les entreprises (comme dans le domaine des transports/de la logistique), les pratiques sécuritaires, d'autres ministères (Transports, Sécurité publique, Santé publique, NAV Canada, etc.), ainsi que pour fournir des bulletins météo en temps réel et des avertissements de temps violent à la population.

À cet égard, les services météorologiques sont perçus comme un catalyseur économique, offrant un appui dans tous les secteurs, aux entreprises et à la qualité de vie. Le National Center for Atmospheric Research (NCAR) des É.-U. estime la valeur des prévisions météo aux É.-U. à environ 31 milliards \$ par année, ce qui correspondrait à 5,4 milliards/année au Canada, en appliquant un facteur par PIB⁵⁰.

Les services météorologiques au Canada sont fournis par le Service météorologique du Canada (SMC) d'Environnement Canada. Les données sont obtenues de solutions sur place (ballons-sondes, bouées, etc.) et de télédétection. Toutes les solutions sont considérées comme étant complémentaires pour assurer le service public le plus exact possible.

Les services météorologiques étendus comprennent la surveillance de la qualité de l'air, soit la mesure des niveaux d'aérosols dans l'atmosphère, y compris Extended les polluants d'origine naturelle/humaine, les cendres volcaniques, l'épaisseur totale de la colonne d'ozone et les gaz à effet de serre. Le SMC héberge également un des neuf centres d'avis de cendres volcaniques (VAAC) au monde, responsable au niveau international de la surveillance de l'activité au-dessus de l'océan Arctique, de l'Atlantique Nord et du Pacifique Nord. Cela incorpore les zones volcaniques des îles Aléoutiennes et de l'Islande – le VAAC a fourni des bulletins périodiques aux autorités mondiales en matière de transport et aux compagnies aériennes pendant l'événement volcanique de 2010 en Islande. Le SMC appuie aussi le Service canadien des glaces (SCG), qui donne les conditions quotidiennes de l'état des glaces concernant les eaux navigables du pays afin de promouvoir des opérations maritimes sûres et efficaces, des Grands Lacs jusqu'à l'océan Arctique. Ce type de renseignements satellitaires, y compris, par exemple, les prévisions de 30 jours de l'état des glaces et des cartes du refroidissement éolien, est utilisé par les compagnies de transport maritime et de déglacage, ainsi que pour fournir des services publics à l'appui des activités récréatives.

Voyages

Avec plus d'un million de kilomètres de routes, jusqu'à 20 millions de véhicules légers et des centres urbains très dispersés, le transport routier est le plus important moyen de transport de passagers au Canada.⁵¹ À ce titre, les systèmes de positionnement spatiaux, notamment le système GPS, jouent un rôle

important pour les Canadiens en aidant à améliorer l'efficacité, le coût, la sécurité et l'impact environnemental de leurs déplacements quotidiens et de leurs voyages. Grâce à des caractéristiques comme l'affichage de la circulation en temps réel et l'éco-acheminement, les appareils GPS peuvent aider à raccourcir considérablement les temps de déplacement, ce qui entraîne une économie d'essence (de 5 % à 15 % par année) et une diminution des émissions de CO₂.⁵² En 2014, on estimait qu'il y avait environ 5 millions d'appareils GPS routiers installés au Canada, dont près de la moitié sont des appareils de navigation personnels (ANP) de compagnies comme Garmin et le reste sont des appareils installés dans les véhicules par les fabricants.

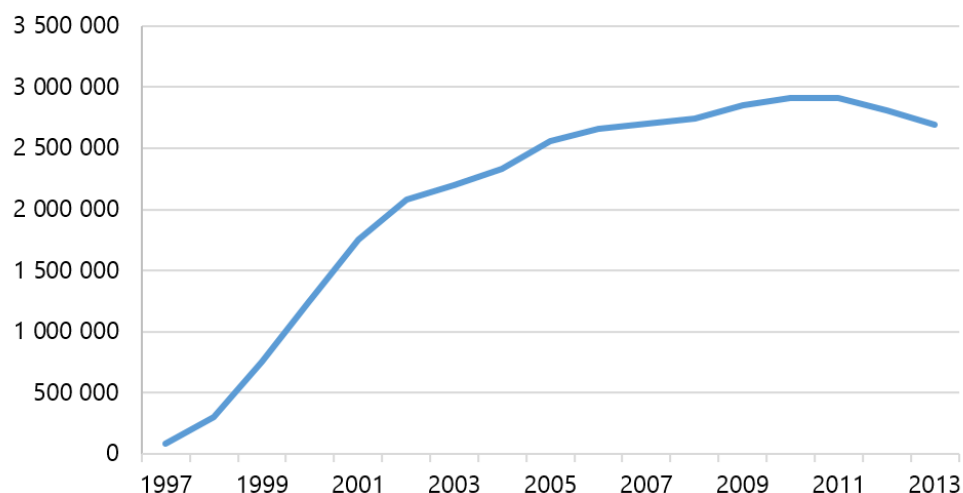
En 2013, entre 55 et 60 % des Canadiens possédaient des téléphones intelligents, ainsi que des outils de cartographie/navigation, qui dépendent de la constellation de satellites du système GPS. Ces applications figurent parmi les plus fréquemment téléchargées et utilisées, dépassées uniquement par la météo, Facebook et les jeux.⁵³ On constate aussi la multiplication des tablettes et des caméras dotées d'un récepteur GPS, ainsi que des appareils d'entraînement physique et de suivi. Lorsque l'on combine ces derniers aux téléphones intelligents, on estime qu'il pourrait y avoir jusqu'à 40 millions d'appareils GPS à « service fondé sur l'emplacement » au Canada seulement.⁵⁴

Les applications de suivi, comme les assurances facturées à l'utilisation ont fait leur apparition au Canada, tout en encourageant la prudence au volant et en réduisant les primes d'assurance automobile. Par exemple, les Assurances Desjardins ont réussi à ajouter près de 50 000 utilisateurs en un peu plus d'un an à leur programme « Ajusto », qui dépend d'un récepteur GPS de la taille d'une carte de crédit pour tenir compte de différents facteurs, comme la date et l'heure, la distance parcourue, la vitesse, l'accélération et le freinage. Le programme correspond à presque 40 % de toutes les nouvelles polices, et il s'est traduit par une économie annuelle moyenne de 12 % par client en ce qui a trait aux primes d'assurance.⁵⁵ Ce système spatial récompense et encourage des habitudes de conduite plus sécuritaires et les clients reçoivent des rapports contenant de l'information pouvant servir à réduire davantage les primes.

Divertissements

L'espace joue un rôle crucial dans la distribution d'émissions de télévision à des millions de Canadiens. Des satellites diffusent les signaux de plus de 1 200 chaînes au Canada – transmettant ainsi des divertissements, de l'information, la couverture d'événements en direct, du contenu éducatif et une façon de promouvoir la culture et la diversité du pays. Les Canadiens d'un bout à l'autre du pays profitent de la diffusion télévisuelle par satellite depuis 1973, l'année où la Société Radio-Canada/CBC est devenue le premier télédiffuseur au monde à utiliser des satellites pour la diffusion à temps complet de services de télévision grâce au satellite Anik A de Télésat.⁵⁶ Depuis lors, avec des fournisseurs de services comme Bell et Shaw Direct, le marché de la télévision payante par satellite au Canada s'est étendu à environ 2,7 millions de foyers (début 2014), ce qui fait du Canada le 4^e plus grand marché national en nombre d'abonnés à des services de télévision payante par satellite dans toutes les Amériques.

**FIGURE 34 : ABONNÉS CANADIENS À DES SERVICES DE TÉLÉVISION PAR SATELLITE
(1995-2013)**



Source : Euroconsult.

Ces abonnés aux services de télévision par satellite représentent près de 20 % de tous les foyers du Canada, soit environ 7 millions de personnes, dont bon nombre vivent dans des communautés rurales offrant peu d'autres solutions terrestres. La portée omniprésente des satellites est un de leur principal avantage, car elle peut amener la concurrence dans des marchés peu desservis en raison des coûts prohibitifs de l'installation de réseaux terrestres « dernier kilomètre », un défi considérable au Canada, vu la faible densité de sa population.

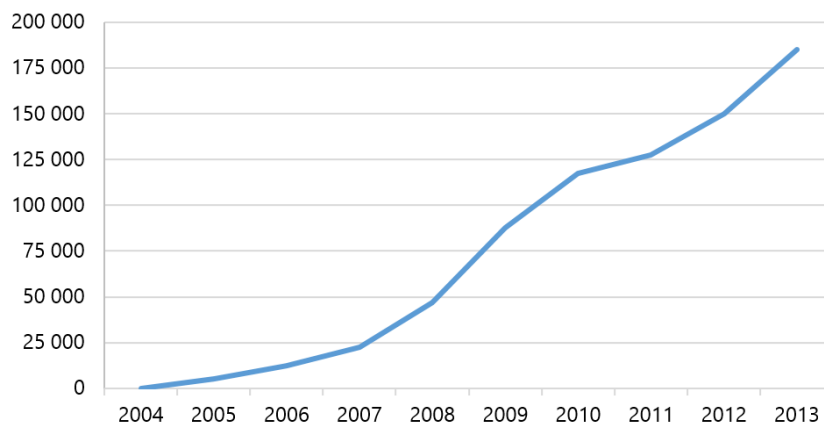
Les satellites ont aussi permis l'évolution plus récente des services de radio par satellite au Canada. En 2014, on comptait plus de 2,5 millions de Canadiens abonnés au service de radio par satellite Sirius XM.⁵⁷ On estime que plus de 5,5 millions de voitures au Canada sont équipées de récepteurs de radio par satellite, du matériel qui, prévoit-on, sera installé dans plus de 60 % des nouvelles voitures au pays. Les abonnés profitent d'un contenu amélioré, avec moins de pauses publicitaires, et d'une couverture omniprésente par comparaison à l'offre des radios locales.

Connectivité à large bande

Les services de connectivité à large bande par satellite ont connu un essor remarquable au cours des dernières années. En 2004, le satellite révolutionnaire Anik F2 de Télésat, construit en collaboration avec l'ASC et l'industrie canadienne, a inauguré la toute première connectivité bidirectionnelle à large bande du monde aux foyers canadiens. Aujourd'hui, le marché de la connectivité à large bande par satellite au Canada est le deuxième marché national en importance du monde, avec environ 200 000 abonnés en 2014, dont la majorité vivent en périphérie des centres urbains. Cela représente environ 2 % de tous les abonnements d'accès à Internet à large bande au Canada.⁵⁸ On s'attend à ce que le nombre d'abonnés par satellite augmente continuellement au cours des prochaines années, car Xplornet, le plus grand fournisseur de services par satellite destinés aux consommateurs du Canada, a signé des contrats pour obtenir un volume important de capacité à haut débit à bord de satellites de prochaine génération qui seront lancés en 2016, offrant ainsi une couverture beaucoup plus vaste du Canada et de ses régions

nordiques. Cette nouvelle capacité satellitaire permettra à Xplornet de desservir pratiquement toute la population rurale croissante du Canada, qui correspond actuellement à environ 20 % de la population totale, avec des débits pouvant atteindre les 25 Mb/s.

FIGURE 35 : ABONNÉS CANADIENS À DES SERVICES D'ACCÈS À INTERNET À LARGE BANDE PAR SATELLITE (2004-2013)



Source : Euroconsult.

Les satellites jouent un rôle important dans le rétrécissement du fossé numérique où des réseaux terrestres comparables sont trop coûteux à mettre en œuvre. Cela s'applique particulièrement à l'Arctique, où les satellites sont une source de communication primaire pour les communautés. Son éloignement, ses grandes distances, son environnement hostile et sa population restreinte et largement dispersée constituent de grands défis pour le développement de l'infrastructure de communications de la région. À ce titre, les satellites jouent un rôle essentiel dans les infrastructures de communications de nombreuses communautés nordiques et aident à combler les fossés numérique, démographique et économique qui les isolent du reste du Canada. On estime qu'environ 45 % (20 000) des foyers de l'Arctique canadien sont desservis par des satellites. De ces foyers, environ 7 000 ont un abonnement à large bande par satellite et 13 000 reçoivent des signaux réacheminés par satellite grâce à une quarantaine ou une cinquantaine de sites de réacheminement cellulaire et de liaison IP. Au total, 35 communautés nordiques, y compris une dans le Yukon, 10 dans les Territoires du Nord-Ouest et les 25 communautés du Nunavut, dépendent actuellement de satellites comme réseau de télécommunications de base, ce qui leur donne des liens sociaux et économiques vitaux avec le reste du Canada et le monde.⁵⁹ Cependant, il reste encore d'importants défis à relever, car un manque d'infrastructure terrestre et de capacité satellitaire disponible a fait grimper les prix de la connectivité à large bande (5 Mb/s) dans les secteurs ruraux des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut à 370 \$ et 500 \$ par mois, respectivement, soit bien plus que cinq fois la moyenne nationale.⁶⁰

L'interruption de service du satellite Anik F2 de Télésat, décrite dans l'étude de cas ci-dessous, a illustré à quel point les territoires nordiques du Canada dépendent des satellites pour de nombreux aspects de leur infrastructure et services de communications.

ÉTUDE DE CAS N° 7 – UN JOUR SANS ESPACE DANS LE NORD

LE PROBLÈME	LES IMPACTS
<ul style="list-style-type: none">• Lancé en 2004, le satellite Anik F2 de Télésat est un des premiers satellites au monde à commercialiser avec succès des services à large bande destinés aux consommateurs.• Le satellite était doté de capacités classiques en bandes C et Ku, ainsi que d'une charge utile de démonstration en bande Ka conçue en partie pour aider à relier les Canadiens qui vivent et travaillent dans des communautés rurales éloignées, notamment dans le Grand Nord. La technologie révolutionnaire a été développée dans le cadre d'un partenariat privé-public entre l'Agence spatiale canadienne, Industrie Canada, Télésat et COM DEV.• Le 6 octobre 2011, une mise à jour logicielle au satellite Anik F2 de Télésat a brusquement mis ce dernier en mode de sûreté. Le satellite s'est alors détourné de la Terre et s'est pointé vers le Soleil pour recharger ses batteries.• Le résultat a été une interruption de service qui a duré presque toute une journée, avec d'énormes répercussions dans toute l'Amérique du Nord, surtout dans le territoire nordique canadien du Nunavut. Étant donné que les communications étaient coupées dans de nombreuses communautés, les résidents ont dû composer avec des interruptions de vols, de service aux guichets automatiques, de téléphonie interurbaine et cellulaire, d'accès à Internet et de certains services vidéo.	<ul style="list-style-type: none">• Northwestel a signalé que 39 communautés (environ 7800 personnes) dans le Nunavut, les T.N.-O. et le Yukon qui reçoivent des services de téléphonie interurbaine par satellite ont été touchées par la panne. SSI Micro, un autre fournisseur de services de télécommunication dans le Nord, a également signalé que ses services de communication (voix et données) ont été interrompus, les téléphones satellitaires portatifs étant le seul moyen de communiquer avec le reste du Canada.• NAV Canada a communiqué que ses systèmes de radar, de navigation, de météorologie et de communication avaient été touchés. La dégradation des systèmes de contrôle aérien a entraîné l'annulation de plus de 50 vols à destination ou en provenance du Nord du Canada, bloquant plus de 1000 passagers. Aucune fourniture ne pouvait être reçue et les personnes ayant un problème médical urgent ne pouvaient pas être transportées par les airs jusqu'à un hôpital.• La perte quasi totale des services de communication au Nunavut a eu des répercussions sur la productivité des travailleurs. En effet, presque 90 % des répondants à un sondage sur la panne du satellite ont signalé que leur productivité en a subi les contrecoups.⁶¹• Les systèmes aux points de vente et les guichets automatiques ne fonctionnaient plus : les résidents dans les communautés touchées ne pouvaient pas acheter de biens ou retirer de l'argent comptant.• Les effets de la panne du satellite se sont fait ressentir plus au sud. Dans certaines régions, le service de télédiffusion de Shaw Direct, Bell Alliant et Videotron s'est détérioré pour leurs clients. Plus au sud encore, aux États-Unis, le service a été interrompu pour plus de 140 000 abonnés de l'accès à Internet à large bande par satellite d'ISP Wildblue (devenue Viasat).

2.2 UTILISATION DE L'ESPACE POUR AMÉLIORER LA SÉCURITÉ DE LA POPULATION

Sécurité personnelle

Le maintien de la sécurité et de la sûreté des Canadiens a toujours été une des priorités absolues du Canada et l'espace joue un rôle crucial dans l'appui des programmes et activités liés à la sécurité.

Le programme COSPAS-SARSAT, créé en 1982 par les gouvernements du Canada, des États-Unis, de la France et de l'ancienne Union Soviétique, en est un exemple concret. Aujourd'hui, le programme dessert 43 pays participants et plus de 100 pays utilisateurs. Le programme agit comme un système international de recherche et sauvetage par satellite qui fait appel à des balises d'urgence pour relayer les appels de détresse, par satellite, aux organismes nationaux et régionaux voulus de recherche et sauvetage. Ce système est l'unique réseau mondial capable de repérer indépendamment (c.-à-d. sans l'aide du système GPS) les signaux de détresse d'aéronefs, de navires et de randonneurs d'arrière-pays. Depuis sa création, COSPAS-SARSAT a aidé à sauver quelque 35 000 personnes à travers le monde à la suite d'écrasements

d'avions, de naufrages de navires et d'incidents dans la nature, dont au moins 1 500 Canadiens.⁶² La majorité des sauvetages sont de nature maritime, ce qui est tout particulièrement bénéfique pour le Canada, compte tenu du fait que le pays possède le plus long littoral du monde. On procède actuellement à la mise à niveau du système satellitaire du programme COSPAS-SARSAT, pour lequel la société COM DEV fournira des charges utiles en partenariats avec l'ASC, garantissant ainsi que le Canada et son secteur spatial continueront pendant longtemps à jouer un rôle important dans les systèmes mondiaux de recherche et sauvetage.

Le système intégré de recherche et sauvetage (SAR) de la Garde côtière canadienne fait appel au système COSPAS-SARSAT, de même que plusieurs autres solutions de communication et de navigation (GPS) terrestres et spatiaux, comme le Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM), qui aide à assurer une réaction rapide aux appels de détresse pour tous les navires dotés d'une radio, quelle qu'en soit la taille. Ces solutions spatiales ont contribué à l'efficacité de la Garde côtière en matière de recherche et sauvetage, surtout dans les régions éloignées du Canada comme le passage du Nord où l'infrastructure terrestre est limitée et où le trafic maritime, de plaisance et commercial, a connu une forte augmentation au cours des dernières années. Chaque année, presque 97 % des vies en danger lors de situations de détresse maritimes sont sauvées par la Garde côtière et son système SAR, soit environ 2 200 vies sauvées, et 18 000 autres personnes sont secourues dans le cadre d'incidents maritimes autres que ceux de détresse.⁶³

Le système GPS joue un rôle essentiel en ce qui a trait à la sécurité des passagers des compagnies aériennes. Chaque année, les 122 millions de passagers qui voyagent à destination ou en provenance des aéroports canadiens jouissent d'une sécurité accrue grâce aux solutions spatiales de communication et de navigation, les comptes rendus de position par GPS étant une partie intégrante du réseau de base du contrôle aérien du Canada.⁶⁴ De plus, depuis 2007, les produits de communication SPOT de Globalstar Canada, qui transmettent les coordonnées GPS par le biais de son réseau satellitaire, ont servi à lancer presque 1 000 sauvetages réussis au Canada seulement.

Gestion des catastrophes

Le Canada n'a pas le climat ou la géologie de certaines régions du globe qui sont plus susceptibles de subir de graves catastrophes, mais il peut quand même subir les impacts de certains éléments, comme les feux de forêt et les inondations, dont les conséquences peuvent toucher les entreprises commerciales (comme l'industrie forestière) et la population. À cet égard, les solutions satellitaires comme les applications d'observation de la Terre sont utiles tout au long du cycle d'une catastrophe, des alertes précoces à la reprise après sinistre, en passant par l'intervention qui peut être inhibée par des retards dans la livraison. En effet, des données en temps réel sont nécessaires pour surveiller continuellement les situations en pleine évolution. Dans de tels cas, de multiples ensembles de données doivent être coordonnés pour qu'ils puissent être intégrés à une grande capacité de collecte de données dès qu'ils sont disponibles. La Charte internationale « Espace et catastrophes majeures » (« la Charte »), dont le Canada est membre par l'entremise de l'ASC, vise à offrir cette approche coordonnée. Créée en 1999 et opérationnelle depuis 2000, la Charte compte 15 membres internationaux représentés nominalement par des agences spatiales.

La Charte vise à fournir un système unifié d'acquisition et de prestation de données spatiales aux populations touchées par des catastrophes naturelles ou anthropiques. Depuis sa création, la Charte a été activée environ 450 fois⁶⁵. Elle a été activée onze fois par des utilisateurs autorisés canadiens pour déployer des biens spatiaux afin de surveiller des inondations, des feux de forêt et des conditions météo extrêmes. En 2012, la Charte a été activée pour surveiller l'inondation du fleuve Fraser en Colombie-

Britannique et, en 2011, elle a été activée par Sécurité publique Canada pour surveiller des feux en Alberta. Un autre exemple d'activation de la Charte est la catastrophe de Lac-Mégantic en 2013, en réponse à une demande de Transports Canada à Sécurité publique Canada. Les solutions qu'ont données les applications spatiales au cours de cet événement sont décrites dans l'étude de cas ci-dessous.

ÉTUDE DE CAS N° 8 – LAC-MÉGANTIC	
LA SITUATION	LES SOLUTIONS SPATIALES
<ul style="list-style-type: none"> En juillet 2013, un train transportant du pétrole brut a explosé dans le centre-ville de Lac-Mégantic au Québec, tuant 47 personnes. C'était la pire catastrophe ferroviaire au Canada depuis 1864. L'explosion et l'incendie qui en a découlé ont détruit une quarantaine d'immeubles couvrant une zone de 2 km². L'incendie a fait rage pendant quatre jours, consommant près de six millions de litres de pétrole. Les compagnies de reprise après sinistre ont dû attendre cinq jours avant de pouvoir accéder au site pour entreprendre le processus de nettoyage. Des organisations ont découpé, lavé et confiné des parties du train, alors que d'autres ont pompé le pétrole qui s'était infiltré dans le réseau d'eau potable et l'avait contaminé. La Charte a été activée par Sécurité publique Canada à la demande de Transports Canada. La compagnie de service canadienne Effigis était responsable du traitement des données et de la prestation de services pour appuyer les efforts de secours dans le cadre de son mandat au sein du programme Prestation de produits et services d'information rapides (PSIR) de l'ASC. Les données utilisées ont été obtenues de DigitalGlobe (É.-U. et d'Airbus (France). 	<ul style="list-style-type: none"> Des images satellitaires à haute résolution ont été utilisées pour surveiller et guider l'avancement de la gestion du site et la reprise après sinistre à la suite de cette catastrophe. On a continué à fournir des données pendant quatre mois après l'événement pour surveiller les répercussions à long terme – par exemple, l'infiltration de pétrole dans le système d'eau potable et les impacts sur les écologies entourant le site de l'incident. Les satellites à haute résolution de la constellation Pléiades ont servi à acquérir 9 images après l'explosion, du 6 juillet au 4 novembre 2013. Les images ont été traitées à l'aide de logiciels d'analyse d'image pour les rendre parfaitement superposables en vue de leur entrée dans un SIG et pour définir plus facilement la détection des changements. À mesure que les images étaient obtenues et traitées, elles étaient transmises aux agences chargées de coordonner le travail sur le terrain. Ces dernières avaient accès à des vues d'ensemble du site touché et elles pouvaient orienter et optimiser les efforts des équipes de reprise après sinistre. Enfin, il était possible de documenter l'avancement des travaux.

2.3 L'ESPACE COMME SOURCE D'INSPIRATION

La visibilité maximale est un objectif du Programme spatial canadien. Lors d'un sondage du Dominion Institute⁶⁶ mené en 2008, où l'on a demandé à 3 114 Canadiens « Quelle personne, événement, endroit, symbole et réalisation sont emblématiques du Canada? » [Traduction], le Canadarm était le cinquième symbole emblématique du Canada le plus populaire, devançant les chutes du Niagara et la Tour du CN. Des initiatives spéciales comme le dévoilement en 2014 du Canadarm sur le billet de cinq dollars canadiens assurent que de telles réalisations restent dans la conscience de la population au quotidien. Des acteurs industriels spatiaux, des universités, l'Agence spatiale canadienne et un éventail d'autres sociétés et groupes d'intérêt déploient des efforts pour promouvoir l'espace auprès de la population.

Il est essentiel de communiquer la valeur et les avantages de l'espace à la population pour accroître le potentiel d'inspiration de l'espace. Les médias sociaux permettent de mesurer la relation entre le public et les efforts spatiaux canadiens, y compris l'effet d'événements à grande visibilité comme la mission de l'astronaute de l'ASC Chris Hadfield à bord de l'ISS en 2014, qui a frappé l'imagination des Canadiens. L'environnement technologique qui ne cesse d'évoluer nous force à adopter de nouvelles façons attrayantes d'attirer et de conserver l'attention du public, d'où une utilisation accrue des médias sociaux pour diffuser l'information.

Initiatives visant à interpeller le public

En collaboration avec le Musée de l'aviation et de l'espace du Canada, l'ASC a créé une exposition qui permet aux jeunes visiteurs d'apprendre à s'adapter aux rigueurs du quotidien à bord de la Station spatiale internationale et de découvrir comment les astronautes travaillent et s'amuse en apesanteur, et comment ils réussissent à accomplir les tâches liées à leur hygiène personnelle, à s'alimenter, à dormir, etc. Plus de 563 000 visiteurs ont vu l'exposition multimédia depuis son ouverture en 2011. De plus, on utilise l'attrait du vol spatial humain et de l'exploration spatiale pour stimuler l'intérêt du public : plus de 130 présentations d'astronautes ont été coordonnées par l'ASC de 2012 à 2014. En 2009, l'ASC a lancé une campagne recrutement nationale dans le cadre de laquelle 5 438 Canadiens ont postulé pour les deux postes d'astronautes offerts.

De nombreuses initiatives visent les jeunes Canadiens des écoles élémentaires et secondaires pour les encourager à faire carrière dans le domaine des STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques), afin d'appuyer le développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée au Canada dès leur jeune âge. Des initiatives comme la carte-tapis géante Le Canada vu de l'espace, le projet Tomatosphère et des ressources éducatives élaborées par l'ASC ont été utilisés par des milliers d'élèves.

FIGURE 36 : INITIATIVES ÉDUCATIVES VISANT LES JEUNES CANADIENS



Source : ASC

Images : Canadian Geographic, ASC, Tomatosphère

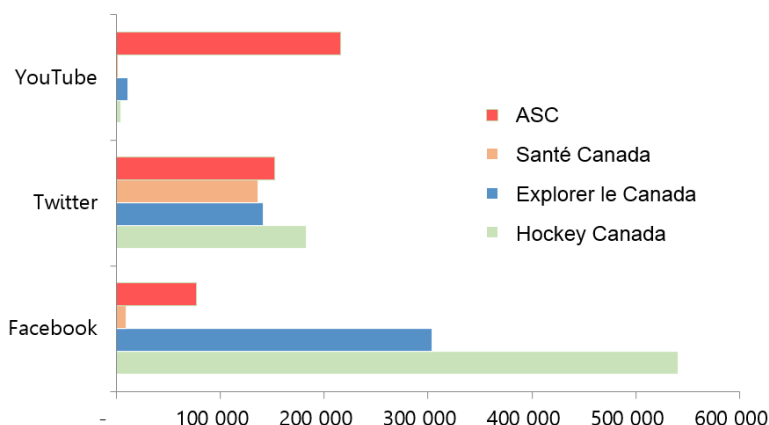
Le Canada compte un éventail de groupes de sensibilisation et d'activistes liés à l'espace qui font la promotion des activités spatiales à l'ensemble de la population, tout en mettant l'accent sur les initiatives qui font progresser l'industrie et augmentent les occasions qui s'offrent aux adhérents. Ces groupes et organisations ont généralement trois objectifs : le développement d'une société sensibilisée à l'espace grâce à des projets techniques et de sensibilisation, l'appui à des activités d'établissements

d'enseignement et la promotion auprès de l'industrie. Bon nombre de ces organisations organisent des événements d'un bout à l'autre du Canada pour mettre en vedette la recherche spatiale et les avantages de l'implication dans l'espace. Par exemple, le sommet spatial annuel de la Société spatiale canadienne comprend des événements publics visant à renseigner les Canadiens ordinaires sur les contributions du Canada à l'exploration spatiale. La Société organise régulièrement des tables rondes, des expositions et des hommages. Ces organisations déploient des efforts pour s'assurer que les questions spatiales restent dans les préoccupations du public et que les avantages obtenus de l'espace soient partagés.

Médias sociaux

Les plateformes de médias sociaux nous permettent de mieux voir ce que les gens aiment ou trouvent important en fonction du nombre d'abonnés, des sujets de l'heure, etc., ce qui nous donne une indication de l'intérêt des citoyens adeptes de la technologie. Le secteur spatial est encore assez conservateur dans l'utilisation des médias sociaux, mais on note quand même une augmentation graduelle. La figure 37 montre que l'ASC est très bien « soutenue », particulièrement sur YouTube et Twitter, par comparaison à des organisations semblables. Cet engagement auprès du public par différents moyens de communication – que les membres du public peuvent contrôler en « partageant » l'information – nous assure que les réalisations canadiennes atteignent même les personnes qui ne sont peut-être pas au courant des activités spatiales ou qui ne s'y intéressent pas. Depuis 2010, le site Web de l'ASC a enregistré plus de 5 millions de visites distinctes.

**FIGURE 37 : ACTIVITÉ DANS LES MÉDIAS SOCIAUX DE L'ASC ET D'AUTRES ORGANISMES
(NOMBRE DE VISITEURS/D'ABONNÉS)**



AuroraMAX, une initiative nationale de mobilisation du public lancée en 2009, a été un des plus grands attraits du site Web de l'ASC, garantissant du même coup plus d'un million de visites par année dans le site. Établie en partenariat avec l'ASC, l'Université de Calgary, la Ville de Yellowknife et la société Astronomy North, l'initiative est dédiée à la sensibilisation du public à l'impact du Soleil sur la Terre et au rôle que joue le Canada pour appuyer la recherche scientifique dans l'Arctique. Le projet est axé sur la diffusion en direct des aurores filmées juste à l'extérieur de Yellowknife. Le tourisme lié aux aurores semble en profiter : de 2011 à 2012, le tourisme dans les sites d'observation des aurores boréales à Yellowknife a attiré 7 400 personnes et 10 millions de dollars en dépenses (une augmentation par rapport aux 6 800 visiteurs et 6 millions de dollars en dépenses l'année précédente). À la fin de la saison 2012-

2013, environ 15 700 visiteurs ont dit que l'observation des aurores était le but principal de leur visite et ils ont dépensé un total de 15 millions de dollars.⁶⁷

L'utilisation des médias sociaux par l'ASC et Chris Hadfield, leurs messages clairs et leurs récits captivants ont eu un impact considérable sur le peuple canadien et sur la visibilité du programme spatial national, comme on le décrit ci-dessous.

ÉTUDE DE CAS N° 9 – MISSION SPATIALE DE LONGUE DURÉE AVEC CHRIS HADFIELD (2012)	
CONTEXTE DE LA MISSION : EXPEDITION 34/35	IMPACTS SUR LA SENSIBILISATION DU PUBLIC
<ul style="list-style-type: none"> • Chris Austin Hadfield est un ingénieur et un ancien pilote de l'Aviation royale canadienne et un des quatre astronautes sélectionnés dans un bassin de plus de 5 000 postulants en 1992. • Il a agi comme spécialiste de mission lors de deux vols : STS-74 en 1995 et STS-100 en 2001. Ensuite, il a pris part aux missions Expedition 34 et 35 à bord de l'ISS, et il a même été commandant d'Expedition 35. • Le 19 décembre 2012, Chris Hadfield est parti à bord d'une capsule Soyouz à destination de la Station spatiale internationale. Le 13 mars 2013, il est devenu le premier commandant canadien de la station. Sa mission a duré cinq mois. Il était accompagné de huit astronautes et cosmonautes américains et russes. • L'objectif de la mission était de mener des expériences scientifiques, de tester de nouvelles technologies, d'utiliser le Canadarm2 et d'accomplir des tâches robotiques. • Après ses activités considérables dans les médias sociaux et une mission réussie, Chris Hadfield est devenu un des astronautes les plus influents et célèbres de la génération actuelle. • Plus de 130 expériences ont été menées pendant la mission. 	<ul style="list-style-type: none"> • La mission a aidé à sensibiliser les gens au Programme spatial canadien et à accroître la visibilité de ce dernier. Elle a particulièrement bien réussi à mobiliser les jeunes. • Vingt-quatre événements en direct avec des élèves ont été organisés pendant les cinq mois de la mission. Un de ces événements était un concert en direct avec Chris en direct de l'espace qui a attiré près d'un million de participants à travers le Canada. • Sept mille élèves de plus de 300 écoles ont mené les mêmes expériences sur le rayonnement que Chris dans l'espace. • Deux ressources éducatives 3D pour élèves ont été créées à l'aide d'un avatar de Chris Hadfield : 42 000 demandes ont été faites dans des classes canadiennes, atteignant plus d'un million d'élèves. • Quatre-vingt-huit vidéos sur la science et l'apesanteur ont été produites pendant la mission et visionnées plus de 42 millions de fois. • Au total, 12 267 articles de nouvelles ont mentionné la mission dans les médias canadiens (du 11 déc. 2012 au 12 juin 2013) – soit six fois la moyenne annuelle pour l'ensemble de l'ASC. Il y a eu un minimum de 7 323 articles de nouvelles à l'échelle internationale. • Soixante-quinze pour cent des pages Web sur la mission ont été vues par de nouveaux visiteurs. Presque 90 % du trafic dans le site Web provenait des médias sociaux pendant la mission. • Pour cette mission, l'ASC a conclu des partenariats stratégiques avec l'Office national du film, Parlons sciences, la Coalition pour l'éducation en musique, les Maple Leafs de Toronto et des centres des sciences à travers le pays pour atteindre un public nouveau et plus vaste. • Enfin, un hommage à la chanson « Space Oddity » de David Bowie a servi à présenter l'espace à un public néophyte.

3. PROTECTION ET GESTION DE NOTRE ENVIRONNEMENT

Les solutions spatiales offrent des avantages uniques pour la surveillance des changements climatiques et la gestion des ressources naturelles, aidant les gouvernements et le secteur privé à protéger et à gérer notre environnement. Les données satellitaires fournissent des renseignements essentiels à plusieurs secteurs économiques (y compris ceux de l'agriculture, de la foresterie, et du pétrole et du gaz naturel), procurant des avantages comme l'évaluation de la santé et du rendement des cultures, l'amélioration de la sécurité par la surveillance d'un immense territoire et l'identification des polluants dans les lacs et les océans.

3.1 CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Comment on utilise l'espace pour lutter contre les changements climatiques

Les données satellitaires sont utilisées dans trois domaines d'application clés pour atteindre les objectifs en matière de surveillance des changements climatiques :

- > la recherche atmosphérique, liée à des éléments comme la qualité de l'air et la météorologie, les travaux de R-D sur l'évolution atmosphérique à long terme, y compris la cohérence de l'atmosphère, les émissions et la prédiction numérique des conditions météo;
- > la recherche océanique, qui englobe la surveillance de la surface et des profondeurs des océans, y compris la température, la salinité, le niveau des mers, les glaces de mer, les courants et la couleur de l'océan. Les produits tirés de l'OT comprennent l'appui aux services de météorologie océanique (MetOcean). Des liaisons avec des variables atmosphériques permettent d'avoir une meilleure compréhension des systèmes météorologiques;
- > la recherche terrestre, surtout en ce qui a trait à la cartographie de la couverture du sol, afin de fournir les bases d'un certain nombre d'autres applications (comme des cartes de la distribution et de la composition des écosystèmes terrestres) et de la surveillance des changements à la surface des sols (causés notamment par l'urbanisation ou la désertification). Il faut également souligner l'importance d'applications à l'échelle mondiale appuyant la collecte de données sur des variables climatiques comme la fixation d'azote, les cycles du carbone et les indices forestiers mondiaux.

Pourquoi est-ce important pour le Canada?

Compte tenu de la taille de la masse continentale du Canada, de l'étendue de son littoral et de son importance comme hôte de vastes zones forestières et écologiques sensibles, la surveillance des variables climatiques locales au Canada est cruciale, car elle fournit des données d'entrée dans la surveillance environnementale mondiale.

Chacune de ces applications revêt une grande importance pour tirer profit à l'échelle mondiale des biens spatiaux canadiens afin de surveiller les phénomènes associés aux changements climatiques, ainsi que pour l'utilisation de tous les biens (y compris ceux de tierces parties) afin de surveiller les phénomènes au-dessus du territoire canadien. Par exemple :





- > les aérosols sont un des éléments les plus incertains des changements climatiques. L'analyse de la composition de la basse atmosphère exige la surveillance et le suivi des gaz qui nuisent à l'atmosphère. Ainsi, l'évaluation de l'ozone et des aérosols pour les modèles de prévision


mondiale approfondit notre compréhension des nuages et du rayonnement afin d'améliorer les prévisions météo;

- > parallèlement aux objectifs nationaux de protection des océans du Canada, les scientifiques canadiens sont déterminés à comprendre l'influence des océans sur le changement climatique et leur capacité à atténuer ce dernier. Avec l'adoption de la *Loi sur les océans* en 1997, le Canada est devenu un des premiers pays à établir une approche complète de protection et de développement de ses océans et de ses eaux côtières. En conséquence, plus de 23 ministères fédéraux ont un mandat ayant un impact sur les politiques concernant les océans et leurs résultats;
- > la surveillance des écologies terrestres est nécessaire à de multiples niveaux gouvernementaux, de la surveillance de l'impact des processus industriels à la surveillance des forêts canadiennes pour la séquestration du carbone et la production de rapports internationaux. L'identification, la délimitation et la cartographie de la couverture des sols sont importantes pour la compréhension des processus à la surface et l'obtention de renseignements sur le type de couverture des sols, l'utilisation de ces derniers et d'autres attributs des sols, qui sont à la base des stratégies de gestion des sols.

Le tableau 14 contient une variété d'enjeux concrets liés aux changements climatiques auxquels des applications spatiales ont apporté ou apportent des solutions.

TABEAU 14 : UNE VARIÉTÉ DE SOLUTIONS SPATIALES AUX ENJEUX DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU CANADA

ENJEUX		SOLUTIONS À L'AIDE D'UN SATELLITE
Aux latitudes moyennes au-dessus de Toronto, sous un ciel dégagé, une réduction de 1 % de l'épaisseur de la couche d'ozone stratosphérique se traduit par une hausse d'environ 1,1 % à 1,4 % du rayonnement ultraviolet B au niveau du sol. ⁶⁸ Étant donné qu'environ 200 espèces de cultures et d'arbres canadiens sont sensibles à des niveaux accrus de rayonnement UV-B, sans parler des écosystèmes en eau douce, les efforts visant à prévoir les fluctuations sont appuyés par l'utilisation de données satellitaires.		On continue de constater un appauvrissement de la couche d'ozone au-dessus de l'Arctique, et ce, malgré les effets positifs de l'interdiction du Protocole de Montréal sur les substances néfastes pour la couche d'ozone. Cependant, en novembre 2014, des données obtenues du satellite SCISAT de l'ASC ont permis de conclure que la hausse récente en produits chimiques néfastes pour l'ozone dans la basse stratosphère de l'hémisphère nord est causée par la circulation atmosphérique réduite dans l'hémisphère nord et qu'elle découle donc des CFC produits avant l'interdiction.
Le Canada a pris l'engagement de passer à une économie à faibles émissions de carbones et il est un des premiers pays à mettre en œuvre un système national capable de produire des rapports annuels sur les émissions de carbones provenant des feux de forêt à l'aide de biens spatiaux.		Le Système d'inventaire national utilise des données saisies par des satellites et concernant les feux de forêt pour faire le suivi des émissions de carbone générées par ces feux en détectant les « points chauds » à haute température, et pour produire des rapports à ce sujet.
La surveillance des processus industriels et de leurs impacts sur la qualité de l'air est une préoccupation croissante, comme la surveillance des développements liés aux sables bitumineux, y compris les cheminées industrielles, les bassins à résidus, les transports et la poussière provenant de l'exploitation minière.		L'imagerie par satellite sert à créer des rapports sur la qualité de l'air, à dresser un inventaire complet des émissions et à évaluer l'état des contaminants dans les lieux où la surveillance sur place est limitée. ⁶⁹
Les produits de MetOcean aident à donner une meilleure compréhension des processus océaniques, ainsi que les liens entre les processus atmosphériques et océaniques, grâce à une surveillance et des prévisions améliorées.		Afin de déterminer l'impact des processus océaniques sur le climat mondial, il faut que les données d'OT soient incorporées dans l'océanographie opérationnelle pour prédire des phénomènes comme les courants océaniques, les vents et la variabilité du climat. Les systèmes de communication par

		satellite appuient aussi la surveillance. Argo est une collaboration internationale qui recueille des profils de température et de salinité. Le Canada possède 112 des 3 500 bouées automatiques qui recueillent ces données par l'entremise des systèmes ARGOS et Iridium. ⁷⁰ Les données Argo servent à différents usages, dont l'amélioration des prévisions météo et l'élaboration de modèles océaniques.
Il faut surveiller la biomasse végétale/couverture des sols pour évaluer les tendances dans les changements de la couverture terrestre et ce que l'on peut déduire sur les changements climatiques en général.		Obtenu en partie d'images satellitaires, l'Outil cartographique d'inventaire de la biomasse (OCIB) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada est une application cartographique interactive qui offre par Internet les fonctionnalités d'un système d'information géographique permettant de faire des recherches dans des données d'inventaire de la biomasse et de visualiser ces dernières pour appuyer de nombreuses applications. Une classification améliorée des forêts grâce à l'observation de la Terre est une autre application importante qui nous laisse distinguer la déforestation réelle des dommages aux forêts causés par d'autres facteurs, comme les incendies ou des espèces invasives.

3.2 GESTION DES RESSOURCES

Comment l'espace sert à la gestion des ressources

La surveillance des ressources nationales, régionales et mondiales devient de plus en plus importante en raison d'un certain nombre de facteurs, dont l'augmentation de la population et l'empiètement progressif sur les terrains naturels, les effets des conditions météo extrêmes, les changements climatiques et la situation économique mondiale qui exercent une pression sur l'exploitation des ressources naturelles (et anthropiques). Les données satellitaires fournissent des solutions dédiées à quatre secteurs clés concernant la gestion des ressources :

- > le secteur agricole met l'accent sur des applications qui appuient la profitabilité et la durabilité de l'agriculture. Ces applications comprennent surtout des mécanismes permettant d'améliorer le rendement des cultures et de surveiller la santé de ces dernières, ainsi que des mécanismes de réduction des coûts, comme la limitation de l'usage d'engrais. Les données (aériennes et spatiales) d'observation de la Terre sont utilisées dans tout un éventail d'applications portant sur la détection des changements (comme pour la surveillance de la santé des cultures) et la cartographie de l'inventaire des cultures et des propriétés des sols. Ces applications agricoles produisent de l'information sur la santé des cultures (par exemple, indiquant où certains champs ont besoin d'attention [irrigation, fertilisation, etc.]), sur la vérification des réclamations d'assurance-récolte et sur l'atténuation du stress subi par les cultures, etc.;
- > comme dans le cas de l'agriculture, le secteur forestier cible des applications qui appuient la profitabilité et la durabilité de la foresterie, afin de surveiller les ressources nationales, régionales et mondiales. Ces applications englobent des manières d'améliorer le rendement et la productivité des forêts, de surveiller les activités de coupe durable (y compris les activités de reforestation subséquentes) et la surveillance des menaces pour les forêts, comme l'identification des espèces nuisibles. L'OT est utilisée dans différentes applications, comme l'appui à la logistique et la surveillance de la santé des forêts/déforestation. Les solutions découlant de ces applications comprennent le calcul de la biomasse des forêts, l'inventaire des forêts, la prédiction des feux de forêt et les alertes précoces, etc.;

- > il y a longtemps que le secteur de l'énergie a commencé à utiliser les données d'OT, surtout pour l'exploration et l'exploitation pétrolières, gazières et minérales. La demande est forte, en réponse à l'augmentation des populations, de l'urbanisation et de l'industrialisation⁷¹. Par conséquent, les cibles d'exploration se trouvent dans des lieux de plus en plus éloignés, ce qui accroît l'importance de pratiques d'affaires efficaces pour maximiser la rentabilité. Par exemple, les données d'OT appuient le processus d'exploration pour la définition des zones, l'appui aux opérations et à la logistique, et l'assurance de la durabilité environnementale/organisationnelle;
- > la gestion des ressources hydriques assure la qualité de l'eau et la disponibilité d'eau douce, et elle appuie l'aquaculture et les pêches durables. Ainsi, la qualité de l'eau peut subir les conséquences de processus naturels et anthropiques qui doivent être surveillés. Par exemple, les activités d'extraction minière et les déchets (ou résidus) qui découlent du processus peuvent s'infiltrer dans les réserves d'eau et en changer la composition. L'irrigation agricole et les processus de gestion des terres peuvent aussi avoir une incidence directe sur la qualité de l'eau.

Pourquoi est-ce important pour le Canada?

Le Canada est un pays riche en ressources. La capacité de gérer ces ressources est essentielle pour l'économie du pays et l'assurance de la durabilité. La surveillance de ces ressources est cruciale pour garantir des pratiques d'affaires et une protection de l'environnement sûres et efficaces. Les biens spatiaux constituent souvent la solution la plus économique pour surveiller continuellement les ressources dans la vaste masse continentale du Canada.

- > Le Canada jouit de la troisième plus grande surface de terre arable par habitant au monde.⁷² En 2012, le système canadien d'agriculture et d'agroalimentaire a généré 103,5 milliards de dollars pour l'économie canadienne, soit 6,7 % du PIB du Canada.⁷³ Des ensembles de données contenant des images satellitaires se sont avérés particulièrement importants pour maintenir la viabilité du secteur agricole.
- > Le Canada est le deuxième plus grand exportateur de produits forestiers primaires au monde⁷⁴ et, selon Ressources naturelles Canada⁷⁵, il tire plus de bénéfices nets du commerce des produits forestiers que tout autre pays. En 2013, la production du secteur forestier a généré 57,8 milliards de dollars pour l'économie canadienne, soit 1,3 % du PIB du Canada. On compte 192 collectivités tributaires de la forêt au Canada.⁷⁶ Le maintien de la rentabilité du secteur forestier est donc d'une importance capitale.
- > Le Canada est le cinquième plus grand producteur de pétrole brut et de gaz naturel, et un des plus grands pays miniers au monde qui produit plus de 60 minerais et métaux. Au total, les secteurs de l'énergie et des mines ont contribué plus de 170 milliards au PIB du Canada en 2013 – plus d'un quart de la valeur de l'économie productrice de biens.⁷⁷
- > Le Canada possède les troisièmes plus grandes réserves d'eau potable au monde. Un approvisionnement en eau adéquat, sûr et fiable est essentiel pour chaque communauté, que ce soit comme source d'eau potable ou à des fins récréatives. On estime que 60 % du PIB du Canada dépend directement de l'eau, appuyant un éventail de secteurs dont l'extraction de ressources, la fabrication, et la production et le traitement des aliments.⁷⁸ Plus de 20 ministères et organismes ont des responsabilités uniques liées à l'eau douce au Canada.
- > Le vaste réseau de parcs nationaux du Canada, qui couvre plus de 3 % de sa masse continentale, est conçu de manière à protéger et à mettre en valeur l'abondance de paysages naturels et d'écosystèmes du pays.⁷⁹

Le tableau 15 contient un éventail d'enjeux concrets en matière de gestion des ressources auxquels des applications spatiales apportent ou ont apporté des solutions particulières.

TABLEAU 15 : UN ÉVENTAIL DE SOLUTIONS SPATIALES POUR DES ENJEUX DE GESTION DES RESSOURCES AU CANADA

ENJEUX		SOLUTIONS FAISANT APPEL À DES SATELLITES
Le but des applications forestières comprend des façons d'améliorer le rendement et la productivité des forêts, de surveiller les activités de coupe durable (y compris les activités de reforestation subséquentes) et de surveiller les menaces qui guettent les forêts, comme l'identification et la surveillance des espèces invasives et des feux de forêt.	➔	Le Service canadien des forêts, en partenariat avec l'ASC, utilise des technologies spatiales d'observation de la Terre pour créer des produits d'inventaire des forêts, de comptabilisation du carbone forestier, de surveillance du développement durable et de gestion des paysages afin d'appuyer l'intendance par le Canada de ses ressources forestières.
Le maintien de l'intégrité et de la sécurité de l'infrastructure est également une priorité du secteur. Avec au moins 110 000 kilomètres de pipelines de transport au Canada, le réseau a trois fois la longueur du réseau routier national canadien. ⁸⁰ En raison de l'expansion rapide des sables bitumineux du Canada au cours de la prochaine décennie, il faudra construire une nouvelle infrastructure de pipelines pour accommoder la hausse de l'offre et les exigences du marché.	➔	Des projets comme la Surveillance de l'infrastructure critique pour le secteur de l'énergie (CIMES) ou le Service de surveillance intégré de pipelines pour les risques environnementaux (IPGMS) donnent aux exploitants des solutions permettant d'assurer la surveillance à grande échelle de leur infrastructure critique, ce qui permet un usage plus efficace des activités de surveillance au sol et un ciblage plus précis des efforts d'atténuation.
Comprendre l'état et les tendances de la production agricole est essentiel pour contrer les menaces à court et à long terme à la stabilité et à la fiabilité de l'accès à la nourriture, grâce à des programmes de soutien permettant de comprendre, d'évaluer, de prédire et d'atténuer les variations du climat et ses risques connexes, d'améliorer les décisions concernant la gestion des terres et d'assurer la rentabilité du secteur agricole.	➔	Depuis 2009, Agriculture et Agroalimentaire Canada génère des cartes numériques annuelles des types de cultures à l'aide d'images satellitaires. Cette activité a été étendue à l'ensemble du pays lors de la saison de croissance de 2011. L'inventaire des cultures est le 15 ^e ensemble de données le plus téléchargé du gouvernement (en date d'octobre 2014). Cet ensemble de données sert notamment à appuyer les décisions stratégiques sur les pratiques de gestion des terres, à appuyer les réclamations aux assurances et à cerner les tendances liées au rendement/à la santé des cultures.
Pour gérer les ressources hydriques du Canada, les buts principaux du gouvernement sont de protéger et d'améliorer la qualité des ressources en eau et de promouvoir la gestion et l'utilisation sages et efficaces de l'eau. L'augmentation des sédiments, des polluants et de l'écoulement des éléments nutritifs d'une population croissante et de changements dans l'utilisation des sols intensifie la pression sur l'assurance de la qualité de l'eau et la protection des écosystèmes sensibles.	➔	Les floraisons d'algues nuisibles peuvent être le résultat d'activités anthropiques (comme l'utilisation d'engrais dans les processus agricoles). L'utilisation de données d'OT peut aider à identifier les zones cultivées/bassins hydrographiques qui en sont la cause. On peut ainsi prendre des mesures d'atténuation pour empêcher des dégâts additionnels aux terres agricoles (causés par la dégradation des sols) et au réseau de distribution d'eau.
Le vaste réseau de parcs nationaux du Canada (3 % de la masse continentale) a été conçu pour aider à protéger et à mettre en valeur l'abondance de paysages naturels et d'écosystèmes du pays. Ces 42 parcs nationaux, 167 sites historiques nationaux et quatre aires de conservation marine nationales accueillent plus de 20 millions de visiteurs chaque année. Une bonne gestion est critique pour aider à assurer que les générations futures pourront profiter du plaisir et de l'enrichissement des connaissances qui nous sont donnés par ces ressources.	➔	Parcs Canada utilise un éventail de biens spatiaux pour faciliter sa gestion, sa planification et ses opérations. Des données GPS et d'OT servent à appuyer les activités de recherche et de surveillance, y compris la cartographie, la planification de l'utilisation des sols et le pistage de la faune, qui sont toutes critiques à la compréhension et à la gestion de l'intégrité écologique des parcs. Enfin, on utilise des satellites pour aider à relier des sites éloignés et des employés dans les parcs à l'aide de centaines de téléphones satellitaires et de terminaux VSAT déployés.

4. PROMOTION DE LA COLLABORATION INTERNATIONALE

En faisant des investissements délibérés et ciblés en R-D, en prenant des engagements fiables en matière de coopération internationale et en s'assurant que les contributions canadiennes ont une valeur visible, le Canada a pu accroître son programme national grâce à une large collaboration avec des partenaires internationaux.⁸¹ Ces collaborations apportent de multiples avantages au Canada, dont la participation à des programmes qu'il ne pourrait pas se payer autrement et le partage des résultats mondiaux de ces grands programmes (par exemple, des vols d'astronautes en échange de la contribution du Canadarm2 à l'ISS), l'exécution de ses programmes de façon plus abordable, le respect de ses engagements internationaux, la promotion des relations entre les gouvernements et l'amélioration des résultats pour l'industrie canadienne à l'étranger.

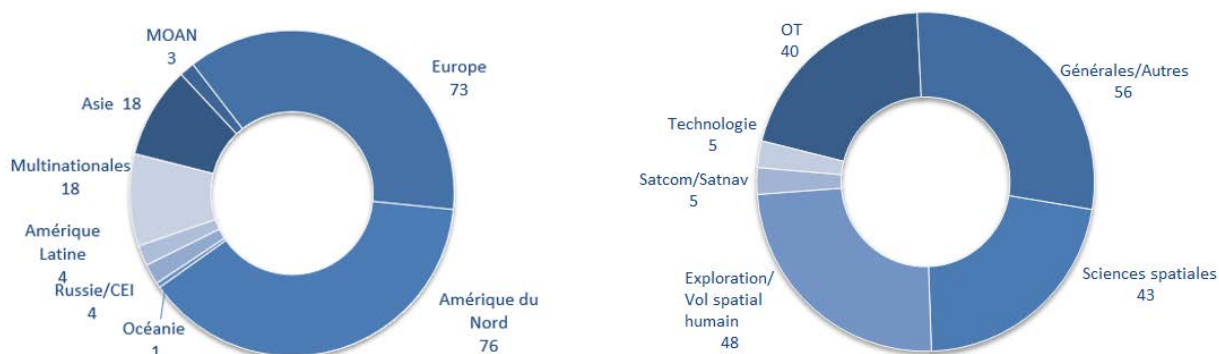
4.1 PORTÉE DE LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

Dans l'atteinte de ses objectifs, l'ASC est autorisée, en vertu de la *Loi sur l'ASC*, à « collaborer avec les agences spatiales — ou les organismes œuvrant dans un domaine connexe — d'autres pays à l'exploitation et l'usage pacifiques de l'espace ». ⁸² Depuis sa création, l'ASC a signé près de 200 ententes bilatérales et multilatérales avec plus de 24 pays dans sept régions. ⁸³ Seules 79 de ces ententes, y compris des modifications à des projets existants et de nouveaux projets, étaient en vigueur à la fin de 2014, mais une évaluation historique de toutes les ententes signées par l'ASC souligne les gains élevés qu'a enregistrés le Canada grâce à la coopération avec des gouvernements étrangers. La NASA est, de loin, l'agence avec laquelle l'ASC coopère le plus, dans le cadre de 76 ententes signées. À titre de plus grand partenaire commercial du Canada, non seulement le pays a-t-il accès aux missions américaines comme le programme New Frontiers ou la mission du MSL (MARS Science Laboratory), en fournissant des instruments, de l'équipement et son expertise, mais le Canada utilise également les services de la NASA pour appuyer les activités canadiennes. Avec 73 ententes signées avec 13 entités européennes, la coopération en Europe est favorisée par le statut de membre associé du Canada à l'Agence spatiale canadienne, comme on le souligne dans la section ci-dessous, et par une coopération considérable avec la France.

La stratégie axée sur les créneaux du Canada se reflète dans les domaines d'application couverts par les ententes signées. Les domaines d'application sont répartis de façon égale entre l'exploration spatiale/le vol spatial humain, l'exploration et les sciences spatiales et l'observation de la Terre. Ces domaines se prêtent facilement à la coopération internationale grâce au partage des données et de l'information. Enfin, il s'agit de projets à une échelle tellement vaste qu'il serait impossible de les réaliser de manière unilatérale.

FIGURE 38 : DISTRIBUTION D'ENTENTES PAR DOMAINE D'APPLICATION (1990-2014)

NOMBRE TOTAL D'ENTENTES SIGNÉES : 197



Source : ASC

Le Canada a dirigé plus de 70 missions ou projets différents grâce à une entente de coopération internationale ou y a contribué. Comme on l'explique au tableau 16, le Canada a contribué à 75 % des 44 ententes visant à développer des technologies, des expériences ou de l'équipement dirigées par des gouvernements étrangers. Les autres 25 % visaient des missions dirigées par le Canada, auxquelles des gouvernements étrangers ont eu accès, accroissant ainsi les efforts de recherche globaux grâce à des contributions étrangères. Un bon exemple de cela est l'intégration de l'équipement belge contribué au satellite canadien SCISAT-1.

TABLEAU 16 : PROJETS DIRIGÉS PAR LE CANADA ET PAR DES PAYS ÉTRANGERS DANS LE CADRE DE MISSIONS DE COOPÉRATION (1990-2014)

MISSIONS	NBRE
Missions/projets	>70
Y compris la prestation de technologies, d'équipement, d'expériences	44
Missions dirigées par des pays étrangers	33
Missions canadiennes ou conjointes	11

Source : CSA

4.2 AVANTAGES DE LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

Tirer profit de l'accès aux données

L'occasion d'accéder à des données ou à de l'information est un avantage important de la coopération internationale qui découle de la contribution en nature du Canada à des missions étrangères. La présence, au Canada, d'entrepreneurs capables de contribuer des technologies spatiales permet à la communauté

en aval d'accéder à des données et à des renseignements qu'elle ne possède pas ou qu'elle ne peut pas produire facilement. Cela crée un lien essentiel entre les capacités en amont et les avantages en aval.

Cela est particulièrement utile pour des activités comme la surveillance de phénomènes mondiaux ou l'accès à des données d'observation. Dans de tels cas, la négociation d'un accès préférentiel aux données permet aux chercheurs canadiens de contribuer à l'avancement de la science et d'avoir l'occasion de faire des découvertes. Voici quelques exemples.

- > La mission Astro-H ou celle du télescope spatial James Webb de la NASA, dans le cadre desquelles le Canada obtient à l'intention d'établissements canadiens des postes au sein du groupe de travail scientifique de la mission, qui compte sur la participation de grands scientifiques du monde entier. Le pays obtient aussi 5 % du temps d'observation grâce à sa participation. La mission ASTRO-H sera la première fois où le Canada fait partie d'une mission d'astronomie des rayons X qui va explorer l'Univers invisible à un niveau de détail sans précédent.
- > La mission Osiris-Rex de la NASA, au terme de laquelle le Canada aura accès à 4 % des échantillons d'astéroïde (ce qui, prévoit-on, pourrait atteindre 1 kg de régolithe) rapportés sur Terre. Ce sera la première fois que le Canada aura un accès direct à des échantillons d'astéroïde rapportés sur Terre, garantissant ainsi que le Canada pourra faire sa part pour répondre à des questions fondamentales sur la composition du système solaire.

Le Canada a également conclu des ententes d'échange en vue d'un éventail de circonstances, y compris le partage de données s'il arrivait qu'un satellite tombe en panne ou l'échange d'information liée aux opérations de commande au sol ou à l'exploitation de satellites, et il a signé des ententes de prêt en vue de l'accès à certaines pièces d'équipement ou à du matériel.

Respecter les engagements internationaux

La collaboration internationale pour l'accroissement des capacités, de la connectivité et des données spatiales a permis au Canada de respecter ses obligations sur un éventail d'enjeux, de l'appui aux alliés et aux partenaires au respect des engagements en matière de rapport en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et à l'établissement de programmes de Surveillance intégrée des polluants par les hydrocarbures (ISTOP) pour appuyer les traités visant à minimiser la pollution par les hydrocarbures.

Par exemple, le Canada s'est engagé à fournir aux pays étrangers, en temps opportun, une aide humanitaire appropriée et efficace en cas de besoin, et il a maîtrisé la capacité de la technologie satellitaire pour atteindre cet objectif. Après des catastrophes naturelles, le Canada fournit un accès à des images satellitaires, que ce soit par l'entremise de mécanismes établis de coopération internationale ou directement aux gouvernements et aux entités qui ont besoin de telles données et informations pour venir en aide à leurs citoyens et protéger ou réparer ses infrastructures. Un de ces mécanismes de coopération est la Charte internationale « Espace et catastrophes majeures », qui vise à fournir un système unifié d'acquisition et de livraison de données spatiales à ceux qui sont touchés par des catastrophes naturelles ou anthropiques. Composée de 16 membres, la Charte assure que chaque partie, de façon volontaire, fera de son mieux pour atteindre les objectifs déclarés. Des données des satellites canadiens RADARSAT ont été fournies à des utilisateurs autorisés dans plus de 340 des 439 activations de la Charte entre 2002 et 2014. Étant donné que les résultats les plus fréquents des catastrophes naturelles enregistrées sont des inondations, qui se produisent généralement par temps pluvieux ou nuageux,

l'utilisation de RADARSAT-1 et 2, avec leurs capacités SAR qui se jouent des conditions météo, a été fort utile pour la cartographie et le contrôle des inondations, ainsi que pour l'évaluation des dommages.

Échange de services

Un grand nombre des collaborations découlant de la coopération internationale sont menées sans échange de fonds et, à ce titre, il est possible de conclure des accords de troc dans le cadre desquels un service est fourni en échange d'un autre. Par exemple, en échange de l'accès canadien à la mission IceBridge de la NASA, qui offre des vues tridimensionnelles des calottes glaciaires, des plateformes de glace et des glaces marines de l'Arctique et de l'Antarctique, l'ASC a convenu de donner à la NASA des pièces de moteur Nihka. Dans un autre cas, des astronautes de l'ASC ont reçu une formation en échange de services médicaux fournis à des astronautes de l'ESA par le Groupe de la médecine spatiale de l'ASC. Toutefois, un objectif important de 22 % des accords signés visent la provision de services opérationnels, souvent contre remboursement, surtout pour appuyer les activités canadiennes liées au Programme des astronautes ou pour appuyer les activités de poursuite et de télémétrie de missions étrangères. Les principaux partenaires de ces activités sont la France et les États-Unis. Le Canada fournit un soutien de poursuite et de télémétrie au CNES de la France avec ses stations, au meilleur de ses capacités. Les É.-U. fournissent un appui aux astronautes canadiens pour leur formation, l'utilisation de la navette spatiale, des services médicaux ou un soutien au sol. Ici, le Canada profite de l'infrastructure et de l'expérience de la NASA pour appuyer le Programme des astronautes canadiens.

Appui à la participation par l'industrie canadienne à des missions étrangères

La coopération internationale donne au secteur spatial canadien une meilleure occasion d'exporter ses technologies et son expertise, tout en acquérant plus d'expérience grâce à la collaboration. Le besoin d'obtenir l'accès à des missions étrangères est essentiel pour le développement et la croissance de l'industrie spatiale, car le Canada ne peut pas se lancer seul dans des projets spatiaux ayant la même ampleur et la même envergure que les projets spatiaux que peuvent mener certains partenaires internationaux (comme l'ESA, la NASA et la JAXA). Cependant, grâce à des partenariats avec l'étranger, le secteur spatial canadien peut participer à de grandes missions spatiales et obtenir ainsi des avantages considérables.

L'industrie canadienne a développé de nouvelles technologies, comme des oscillateurs (mission de l'observatoire spatial Herschel) et elle élabore des altimètres lasers (OLA) permettant de créer des cartes tridimensionnelles d'astéroïdes pour la NASA (mission OSIRIS-Rex). Toutefois, on s'attend à plus d'avantages que le simple accès aux missions. Par exemple, la technologie canadienne qui a servi à construire l'OLA pour la mission OSIRIS-Rex est basée en partie sur la technologie du laser et de l'électronique mise au point pour la mission Phoenix Mars, qui a permis de découvrir qu'il neige sur Mars. Cette nouvelle mission donne au Canada l'occasion de développer davantage ses techniques novatrices. Avec les nouveaux développements, on prévoit créer des dérivés comme un lidar aéroporté pour la cartographie topographique terrestre, la gestion des ressources, des systèmes de vision pour l'exploitation minière robotique et la géomatique. La participation canadienne à la mission Aquarius de l'Argentine est un autre exemple qui montre comment les acteurs de l'industrie canadienne peuvent tirer profit de la coopération internationale et développer leurs capacités technologiques. La mission et ses avantages pour la compagnie canadienne INO sont décrits ci-dessous.

ÉTUDE DE CAS N° 10 – PARTICIPATION CANADIENNE À LA MISSION SAC-D/ACQUARIUS DE L'ARGENTINE	
CONTRIBUTION DU CANADA À LA MISSION SAC-D	AVANTAGES POUR LES CONTRIBUTEURS CANADIENS
<ul style="list-style-type: none"> La mission SAC-D/Aquarius, dirigée par la Commission nationale des activités spatiales de l'Argentine (CONAE), a été lancée en 2011 et elle marque un progrès important par sa collaboration multinationale couronnée de succès (Italie, Brésil, France, É.-U. et Canada). Le Canada a entamé les négociations avec l'Argentine et a proposé les détecteurs à microbolomètres infrarouge de l'INO comme contribution canadienne à la mission, dont l'objectif scientifique principal est la collecte de mesures sur les océans et l'atmosphère. L'INO est une entreprise de conception et de développement technologiques privée à but non lucratif qui offre des solutions optiques et photoniques. Elle emploie plus de 200 personnes au Québec et en Ontario. Le Canada a accepté de financer le développement des détecteurs (1,6 million \$) et l'Argentine a accepté d'attribuer un contrat distinct à l'INO pour le développement de la caméra complémentaire NIRST (New Infra-Red Sensor Technology) (1,5 million \$), ce qui a donné deux contrats à l'INO. 	<ul style="list-style-type: none"> La mission a offert à l'INO sa première occasion de donner de l'expérience de vol à son produit. L'expérience de vol est fondamentale pour le développement d'une entreprise d'exportation, car c'est souvent une des principales exigences d'un client étranger. Les occasions d'obtenir de l'expérience de vol sont rares au Canada. Après le lancement réussi du satellite argentin en 2011, l'INO a reçu des contrats subséquents de deux clients étrangers d'une valeur de 5 millions \$; un résultat direct de l'investissement initial de l'ASC pour le développement de la technologie. Cette même technologie développée pour l'Argentine a été transférée à d'autres compagnies pour des applications non spatiales, ce qui a permis à la compagnie de toucher des redevances. En plus des avantages pour l'INO, la mission a aidé le Canada à diversifier ses partenariats scientifiques et nationaux.

Ouvrir des occasions d'affaires pour l'industrie canadienne

Le développement de nouvelles capacités dans le cadre de partenariats internationaux a aidé des compagnies canadiennes à améliorer leur visibilité dans le marché mondial. Cela s'applique particulièrement à la participation canadienne aux programmes de l'ESA, où le Canada jouit d'une position unique à titre de seul participant non européen depuis 1979. En tant qu'état coopérant, le Canada participe aux activités des organes délibérants et à la prise de décisions, et il prend part aux programmes et activités de cette agence (p. ex. télécommunications, observation de la Terre, exploration spatiale) en vertu de son accord de coopération. Des entreprises canadiennes peuvent présenter des soumissions et recevoir des contrats en vue de travailler à des programmes. Par exemple, à la suite de l'investissement de 4,7 millions \$ de l'ASC dans le programme de communication par satellite ARTES de l'ESA entre 1998 et 2008, COM DEV déclare avoir réalisé 99 millions \$ en ventes des produits développés dans le cadre de ce programme. L'industrie canadienne loue souvent les mécanismes de financement flexible de l'ESA, surtout celui du programme ARTES, qui favorise différentes formes de partenariats publics-privés, y compris les mécanismes de cofinancement, ciblant des programmes de R-D axés sur le commerce.

Le projet Polar View est un autre exemple typique des avantages qu'obtient une compagnie canadienne de contrats de l'ESA. On le décrit en détail dans l'étude de cas ci-dessous.

ÉTUDE DE CAS N° 11 – POLARVIEW	
LA MISSION POLARVIEW	AVANTAGES OBTENUS
<ul style="list-style-type: none"> La mission Polar View était un projet d'élément de service GMES de l'ESA ciblant des utilisateurs finaux particuliers pour 	<ul style="list-style-type: none"> L'investissement canadien total dans le GMES (y compris les projets Northern View et Polar View) était d'environ

aider à promouvoir et à développer des services d'observation de la Terre. Les consortiums des projets Polar View et Northern View étaient dirigés par une compagnie canadienne, C-CORE.

- Le projet visait à développer des services servant à appuyer la recherche, des communautés nordiques et des opérations commerciales sous les latitudes nordiques. Parmi les services, citons la cartographie de la lisière des banquises (la limite entre la glace fixe et la glace de mer/rivière en mouvement), ainsi que la surveillance de la glace des rivières et des lacs, et celle des icebergs.
- L'ESA a financé ce projet en y consacrant 13 millions € de 2005 à 2012, plus un montant additionnel de 1,5 million € pour Northern View. Pendant cette même période, environ 20 millions € ont été générés dans le cadre de contrats de service additionnels liés à l'étude. Lors de l'achèvement du projet Polar View en 2012, plus de 90 utilisateurs finaux de 17 pays du monde entier (services de météorologie, services nationaux des glaces, etc.) y participaient.
- Le consortium a utilisé plus de 7000 scènes d'imagerie chaque année pour appuyer ses activités (60 % SAR, surtout de RADARSAT-1, et ASAR; et 40 % optiques).
- La participation avec l'ESA a aidé la compagnie à financer ses processus et à créer une plateforme de démonstration de ses services. De plus, l'ASC a fourni des données (tirées de 6 700 scènes de RADARSAT-1) pour venir en aide au développement des services et offrir un soutien technique.
- Depuis, C-CORE (et les autres membres du consortium de Polar View) a incorporé la compagnie Polar View Ltd. au R.-U. pour collaborer davantage, offrir des services et présenter des soumissions en vue d'obtenir d'autres contrats de R-D.

11 millions \$ et a généré d'importants avantages financiers. Cet investissement a donné environ 17,5 millions \$ en financement non GMES pour Polar View, dont 5,2 millions \$ pour les services Polar View canadiens et 12,3 millions en activités de R-D liées à ces services⁸⁴.

- C-CORE continue de fournir des services semblables générés par l'entremise de Polar View, et la compagnie est maintenant considérée comme le chef de file mondial dans la prestation de services liés aux glaces au moyen de données d'observation de la Terre. Parmi les utilisateurs finaux qui reviennent aux services générés par la compagnie grâce à Polar View, on note les gouvernements provinciaux de Terre-Neuve-et-Labrador et de l'Alberta, ainsi que le gouvernement territorial du Yukon – avec des données RADARSAT-2 obtenues par l'entremise de Sécurité publique Canada – ainsi que des services à d'autres organismes qui s'occupent de la glace de mer/de la météorologie d'autres pays nordiques, particulièrement en Norvège, au Danemark et en Finlande.
- Des communautés nordiques du Canada bénéficient directement des services créés, qui assurent la sécurité de la navigation pour le transport maritime. Par exemple, la capacité de pouvoir détecter la lisière des banquises permet l'identification des corridors de transport et la prestation de cartes pour les aides à la navigation. Les services de Polar View ont eu un grand impact positif sur les communautés autochtones de tout l'Arctique et sur leur capacité à garantir leurs moyens de subsistance traditionnels et à s'adapter aux régimes des glaces en pleine transformation.
- D'autres avantages ont été signalés : l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et de la capacité des organismes utilisateurs à remplir leurs mandats respectifs, et la contribution à la formulation d'une politique européenne sur l'Arctique évolutive.⁸⁵

Un aspect distinct de l'approvisionnement de l'ESA est fondé sur le principe du retour industriel, ou retour géographique, qui assure que les contributions des États membres seront retournées à chaque pays sous forme de contrats en vue d'activités de l'ESA. Par comparaison à d'autres États membres de l'ESA, le Canada reçoit des avantages substantiels de son investissement grâce à ce principe. Le Comité de la politique industrielle de l'ESA, dans son évaluation de la distribution géographique des contrats entre 2000 et 2008, a conclu que les contrats octroyés au Canada donnaient un coefficient de retour global de 1,09.⁸⁶ À ce titre, le Canada arrive au deuxième rang dans le classement de tous les 25 membres et états coopérants, après les Pays-Bas (où se trouvent les plus grandes installations de l'ESA) dans l'atteinte du coefficient de retour calculé.

L'ESA disposait d'un budget de 3,45 milliards € en 2013, et la contribution du Canada se chiffrait à 15,5 millions € (0,45 % du budget). Alors que les engagements ont vu la contribution du Canada maintenir une moyenne de 20 millions € par année de 2008 à 2014, le financement de l'ESA a augmenté de 14 % pendant cette période, ce qui signifie que la contribution canadienne a connu une baisse générale lorsqu'exprimée comme pourcentage du financement total de l'ESA. L'industrie signale les effets néfastes de cette situation en ce qui concerne son accès à ce programme essentiel de R-D et la réputation du Canada à titre de partenaire crédible.

CONCLUSIONS

Le Canada jouit d'une position unique dans le secteur spatial mondial. Il n'est pas un des chefs de file du monde, mais le Canada est un pionnier historique dans l'espace et il a toujours cherché à générer un rendement maximal à partir d'un investissement modeste dans son programme spatial. Cette stratégie d'investissement a permis le développement de capacités canadiennes de pointe et de catégorie mondiale dans des créneaux sélectionnés, comme la robotique, les capteurs, les instruments scientifiques et les charges utiles de télécommunication, ce qui positionne le Canada comme acteur et partenaire international de premier plan. Cependant, le contexte mondial des activités spatiales change rapidement et l'investissement canadien dans ses capacités technologiques spatiales va en s'amenuisant, ce qui menace sa position sur la scène internationale.

Avec des recettes de 5,37 milliards \$ en 2013, le secteur spatial canadien reste une petite industrie. Néanmoins, il a démontré une forte vitalité :

- > la capacité à tirer profit du financement initial du gouvernement, comme le démontre sa part du marché spatial mondial (presque 2 % en 2013) qui dépasse largement le poids des dépenses publiques globales du Canada consacrées aux activités spatiales (moins de 1 %);
- > un écosystème en aval dynamique, grâce à des investissements en technologies spatiales faits en amont qui rendent possible l'infrastructure nécessaire pour développer des services et des applications destinés aux utilisateurs finaux;
- > des recettes qui augmentent à un taux supérieur à celui de l'économie canadienne (3,7 % en moyenne au cours des cinq dernières années, par comparaison à 1,8 %);
- > une croissance de l'emploi six fois plus rapide que le marché national du Canada au cours des cinq dernières années.

Cette vitalité répand des avantages dans toute l'économie du Canada. En tenant compte de ses effets directs, indirects et induits, le secteur spatial canadien a généré :

- > un multiplicateur économique de 1,85, avec une contribution totale au PIB de 2,9 milliards \$. Les services et la fabrication sont les plus grands contributeurs qui correspondent à 55 % et à 30 % de ce chiffre, respectivement;
- > un multiplicateur d'emploi de 2,5, avec 24 354 emplois équivalents temps plein, essentiellement composés de personnes hautement qualifiées et très productives;
- > un total de 750 millions \$ en revenus fiscaux pour les gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux.

Les méthodes utilisées pour calculer les avantages économiques peuvent varier d'une étude à l'autre, mais on a constaté que les multiplicateurs du secteur spatial canadien sont au moins aussi élevés que ceux d'autres secteurs, comme l'aviation ou l'aérospatiale au Canada, ou le secteur spatial du R.-U. qui a récemment entrepris une évaluation semblable.

Le Canada a tôt fait de reconnaître les avantages considérables qu'il pouvait tirer du développement et de l'utilisation des technologies spatiales. Depuis le lancement de la première mission spatiale canadienne il y a plus de 60 ans, des technologies de pointe et des solutions spatiales sophistiquées se sont traduites par des innovations, la création de connaissances et des services fournis à un vaste éventail d'intervenants nationaux. La portée de ces avantages a été caractérisée dans cette étude, y compris les activités intensives en R-D du secteur spatial, les effets de débordement découlant des contrats de l'ASC et le

dynamisme des communautés canadiennes dans les domaines des sciences et de la recherche spatiale. Elle est également démontrée par la diversité des services fournis aux utilisateurs finaux gouvernementaux et privés qui dépendent de solutions spatiales pour gérer leurs opérations de manière rentable.

Au-delà de son impact économique, le secteur spatial canadien possède une grande valeur stratégique et sociale qui n'est pas moins importante. Le Programme spatial canadien se consacre de plus en plus au respect des priorités gouvernementales, comme l'illustrent les missions lancées ou en cours de développement, comme l'a confirmé le Cadre de la politique spatiale adopté en 2014. Ce positionnement aide à intégrer entièrement le secteur spatial canadien dans les communautés nationales civiles et militaires, de manière à étendre l'utilisation de solutions spatiales au sein du gouvernement et à en maximiser les avantages.

- > L'espace est un facteur habilitant clé des Forces armées canadiennes. Les biens spatiaux permettent de plus en plus au MDN d'entreprendre ses missions de base, comme assurer la connaissance du domaine maritime, exercer la souveraineté du pays dans l'Arctique et mener des opérations internationales.
- > L'espace est essentiel pour appuyer la surveillance et la protection de l'environnement mondial et canadien. Compte tenu de la taille de la masse continentale canadienne, de sa diversité écologique et de l'étendue de ses ressources naturelles, les avantages découlant pour le pays de l'utilisation de données spatiales sont immenses.
- > L'espace fait désormais partie du quotidien des Canadiens. Qu'il s'agisse de la qualité de vie, de la sécurité personnelle, des divertissements ou de la connectivité essentielle, l'espace est un élément essentiel des services de base qu'offre le Canada à ses citoyens.
- > De plus, l'espace a contribué à rehausser la position du pays sur la scène internationale. De grandes coopérations multilatérales comme l'ISS à des projets bilatéraux plus modestes, la nature internationale de l'espace produit des avantages pour les organismes gouvernementaux et les acteurs de l'industrie qui participent à des programmes de coopération. La collaboration internationale dans les activités spatiales permet au Canada d'entreprendre des activités auxquelles il ne pourrait pas se livrer seul, ou alors seulement à un coût beaucoup plus élevé.

Néanmoins, le secteur spatial canadien doit aussi relever d'importants défis, dont un bon nombre sont les mêmes depuis des années. Les défis suivants sont considérés comme les plus critiques.

1. À mesure qu'évolue rapidement le contexte mondial des activités spatiales et que diminue l'investissement canadien dans ses capacités technologiques spatiales, la position du pays sur la scène internationale est menacée. Même si le Canada est membre du G7, il consacre beaucoup moins de son PIB à ses activités spatiales civiles que la moyenne mondiale. Son financement de base ne permettra probablement pas au Canada de maintenir ses capacités spatiales à long terme. De plus, l'instabilité et l'imprévisibilité budgétaires ont une incidence sur les acteurs les plus fragiles, particulièrement les PME qui constituent une partie essentielle de l'écosystème du secteur spatial canadien.
2. Lorsqu'on tient compte de la défense, l'investissement total du gouvernement canadien dans l'espace a, en fait, connu une hausse importante. Cependant, le rendement de ces investissements reste limité pour le secteur spatial canadien, car une grande partie est consacrée à des programmes étrangers. Compte tenu de l'importance des investissements, il s'agit d'un manque à gagner non négligeable pour le secteur spatial canadien.
3. L'investissement du gouvernement canadien dans l'espace n'a pas toujours soutenu des domaines qui démontraient d'excellentes perspectives commerciales, limitant la possibilité de transformer cet investissement initial en gains économiques importants pour le secteur spatial.

Par conséquent, plusieurs acteurs de l'industrie ont été progressivement éloignés du Programme spatial canadien. De plus, cette situation favorise simultanément une dépendance d'un segment de l'industrie à des exigences propres au gouvernement, ainsi qu'à ses cycles de décisions et d'investissement.

4. Un grand nombre d'entreprises à succès se concentrent sur le marché de l'exportation, qui peut représenter jusqu'à 90 % de leurs recettes, se fiant peu aux activités de R-D ou aux programmes d'aide du gouvernement. C'est un signe de maturité commerciale, mais à long terme, cela pourrait créer un risque pour la durabilité des compagnies et des capacités technologiques clés, en plus de causer une rupture entre les capacités technologiques de l'industrie et les exigences nationales du gouvernement.
5. L'industrie canadienne a fait d'importants investissements à l'extérieur du Canada, y compris des acquisitions à l'étranger et l'établissement d'installations dans d'autres pays. Cela démontre le dynamisme des plus grandes compagnies canadiennes, ces dernières choisissent d'investir à l'extérieur du Canada pour faire fructifier leurs entreprises. Inversement, le Canada n'attire pas assez d'investissements de l'étranger dans son secteur spatial, ce qui pourrait injecter du capital additionnel et développer sa base technologique.
6. À part quelques grands programmes, le Canada n'offre que des occasions limitées d'entreprendre des programmes en partenariat entre les secteurs public et privé. Qu'il s'agisse de R-D ou de la prestation de services opérationnels, de projets à grande ou à petite échelle, bon nombre de pays ont mis en œuvre un grand portefeuille de régimes de coopération qui permettent la mise en œuvre flexible de programmes et l'élargissement des sources de financement.
7. Enfin, seule une industrie spatiale nationale saine peut générer les avantages que le Canada peut s'attendre à récolter de ses investissements spatiaux et, de manière plus générale, des activités spatiales, que ces dernières soient fondées sur des biens spatiaux canadiens ou étrangers.

Ce rapport ne vise pas à formuler des recommandations, mais on pourrait envisager plusieurs éléments afin d'accroître l'impact du secteur spatial canadien. En voici quelques exemples.

- > L'examen des mécanismes utilisés dans d'autres secteurs ou d'autres pays, et l'évaluation de leur mise en œuvre au Canada. Que ce soit pour des stratégies d'investissement, des partenariats, des mécanismes de cofinancement, des transferts de technologies, des règlements ou de l'appui à des entreprises en démarrage ou à des PME, nous pourrions recueillir et partager d'intéressantes leçons apprises à partir de leur expérience.
- > Si l'on se fie au Cadre de la politique spatiale de 2014, la définition d'une stratégie nationale pour la technologie et l'industrie spatiales doit inclure tous les éléments du Programme spatial canadien (les communautés civiles, militaires, industrielles et scientifiques). Une telle stratégie nationale, décrivant un plan d'action à long terme lié aux capacités stratégiques, serait la clé permettant d'assurer l'impact à long terme durable du secteur spatial national pour le Canada.

ACRONYMES

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada	M3MSat	Microsatellite de surveillance maritime et de messagerie
AEHF	Bande des fréquences extrêmement hautes (satellite)	Mb/s	Mégabits par seconde
AER	Alberta Energy Regulator	MCR	Mission de la Constellation RADARSAT
AETD	Développement de technologies d'exploration avancées	MDN	Ministère de la Défense nationale
AIE	Assemblage, intégration et essai	MEO	Orbite moyenne terrestre
ANP	Appareil de navigation personnel	MHz	Mégahertz
ARGOS	Advanced Research and Global Observation Satellite	MOAN	Moyen-Orient et Afrique du Nord
ARTES	Advanced Research in Telecommunications Systems	MPO (POC)	Pêches et Océans Canada
ASAR	Radar à synthèse d'ouverture de pointe	NASA	National Aeronautics and Space Administration
ASC	Agence spatiale canadienne	NAVWAR	Guerre de navigation
BAIIA	Bénéfice avant intérêts, impôts et amortissement	NEOSSat	Satellite de surveillance des objets circumterrestres
CBC	Canadian Broadcasting Corporation	NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
CCT	Centre canadien de télédétection	NORAD	Commandement de la Défense aérospatiale de l'Amérique du Nord
CGSME	Comité de gouvernance des sous-ministres pour l'espace	NPOESS	National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System
CNES	Centre National d'Études Spatiales	OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
COSD	Centre d'opération du système de détecteurs	OCPN	Offre à commandes principale et nationale
COSpCAN	Centre des opérations spatiales canadiennes	OEM	Constructeur de matériel
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada	OMM	Organisation météorologique mondiale
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (É.-U.)	OS	Objets spatiaux
EC	Environnement Canada	OT	Observation de la Terre
ESA	Agence spatiale européenne	OTAN	Organisation du traité de l'Atlantique Nord
ETP	Équivalent temps plein (emplois)	PDTS	Programme de développement des technologies spatiales
EUMETSAT	Organisation européenne de satellites météorologiques	PHQ	Personne hautement qualifiée
FAC	Forces armées canadiennes	PIB	Produit intérieur brut
FCI	Fondation canadienne pour l'innovation	PME	Petite et moyenne entreprise
FSI	Fournisseur de service Internet	PRE	Planification de ressource d'entreprise
GAB	Guichet automatique bancaire	PSSC	Projet de soutien spatial conjoint
GÉO	Géostationnaire	R-D	Recherche et développement
GEOINT	Renseignement géospatial	RD	Radiodiffusion directe
GHz	Gigahertz	RDDC	Recherche et développement pour la défense Canada
GMES	Surveillance mondiale pour l'environnement et la sécurité	RNCAN	Ressources naturelles Canada
GNSS	Système mondial de navigation par satellite	RSR	Renseignement, surveillance et reconnaissance
GOIFC	Groupe des opérations d'information des Forces canadiennes	SAR	Radar à synthèse d'ouverture
GOSAT	Satellite d'observation des gaz à effet de serre	SATCOM	Communications par satellite
GPS	Système mondial de localisation	SATNAV	Navigation par satellite
IMINT	Renseignement par imagerie	SBAS	Système de renforcement satellitaire
ISS	Station spatiale internationale	SBL	Services basés sur la localisation
JAXA	Agence d'exploration aérospatiale japonaise	SCG	Service canadien des glaces
JPL	Jet Propulsion Laboratory	SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
LEO	Orbite basse terrestre	SCTM	Services de communication et de trafic maritimes
M2M	Machine à machine	SDCD	Stratégie de défense Le Canada d'abord
		SFDD	Service à faible débit de données

SFS	Services fixes par satellite
SIA	Système d'identification automatique
SIPPS	Système de surveillance intégrée de la pollution par satellite
SMC	Service météorologique du Canada
SMS	Services mobiles par satellite
SOLAS	Sauvegarde de la vie humaine en mer
SRMS	Télémanipulateur de la navette spatiale
ST et I	Science, technologie et innovation
T.N.-O.	Territoires du Nord-Ouest
TC	Transports Canada
TCAC	Taux de croissance annuel composé
UAV	Véhicule aérien sans pilote
VAAC	Centres d'avis de cendres volcaniques
VEC	Variables essentielles du climat
VSAT	Terminal à très petite ouverture d'antenne
WGS	Système mondial de communications par satellite à large bande

LISTE DES ENTREVUES

GOUVERNEMENT

ASC, Élaboration de politiques – Dean Flett, Conseiller principal

ASC, Élaboration de politiques – Thomas Davis, Conseiller, Science et technologie

ASC, Communications - Anna Kapiniari, Directrice, Communications et affaires publiques

ASC, Vérification et évaluation – Vanessa Anastasopoulos, Chef d'équipe

ASC, Utilisation de l'espace - Martin Herbert, Applications et utilisations

ASC, Mise en œuvre de la politique – Lauren Small, Gestionnaire, Relations internationales

ASC, Bureau de la propriété intellectuelle – Nancy Gardner, Chef, Propriété intellectuelle et transfert de technologies

ASC, Sciences et technologies spatiales – Myriam Dube, Chef, Programmes de l'ESA

ASC, Sciences et technologies spatiales – Jean-Claude Piedboeuf, DG, Sciences et technologies spatiales

ASC, Exploration spatiale – Érick Dupuis, Directeur, Développement de l'exploration spatiale

Ministère de la Défense nationale – B Gén Lalumière, Directeur général – Espace

Parcs Canada - Brocks Fraser, Coordonnateur national de la géomatique

Bureau fédéral de coordination du GNSS – Jina MacEachern, Chef

Industrie Canada, Aérospatiale, marine et défense - Phillipe Richer, Directeur de la recherche

Agence de la santé publique du Canada – Pascal Michel, Directeur

Pêches et Océans Canada – Jim Gower, Chercheur scientifique

Ressources naturelles Canada, Centre canadien de télédétection – Vern Singhroy, Chercheur scientifique principal

Commission géologique de l'Alberta – Todd Shipman, Gestionnaire, Paysages et dangers géologiques

Agriculture Canada, Centre d'Agro-climat, de géomatique et d'observation de la Terre – Andrew Davidson, Gestionnaire, Observation de la Terre

Ministère des Affaires étrangères, du Commerce et du Développement – Thomas Gillon, Réglementation des systèmes spatiaux de télédétection, Conseiller scientifique principal

SECTEUR PRIVÉ

Télesat – Jack Rigley, Directeur, Développement de nouveaux systèmes satellitaires

Explorenet – Tim Dinesen, PVP-Réseau

Bell TV – Borika Vucinic, Directrice, Opérations de télédiffusion et de génie

Shaw Direct – Paul Tilley, Directeur – Réseaux d'approvisionnement stratégique et satellites

Effigis – Pierre Vincent, PVP

ABB – Jacques Giroux, Gestionnaire, Développement des affaires

MDA GSI – Dave Belton, VP

MDA – Paul Cooper, VP, Développement stratégique

Infosat – Ron Parkinson, Directeur des ventes

Novatel – Steve Duncombe, Ventes

Magellan – Ken Kohut, Gestionnaire du marketing

Com Dev – John Stuart, VP, Développement des affaires

Com Dev – Sid Rao, Gestionnaire, Développement des affaires

C-CORE – Tom Puestow, Gestionnaire de projet, Polar View

Blackbridge – Scott Soenen, DPT

Suncor – Ken McLaughlin, Gestionnaire de programme

Neptec Technologies – Brad Jones, Directeur

INO - François Châteauneuf, Gestionnaire de programme, Environnement

UNIVERSITÉS

École Polytechnique de Montréal – Annie Martin, candidate au doctorat

HEC Montréal – Patrick Cohendet, professeur

Centech ETS – Robert Dumontet, directeur

Université Dalhousie – Randall Martin, professeur

NOTE SUR LA MÉTHODE

La mesure des impacts économiques du secteur spatial canadien est une tâche très exigeante, car il n'existe aucune classification industrielle unique des activités spatiales au Canada (et dans d'autres pays). Les compagnies qui participent à la chaîne de valeur du secteur spatial sont également actives dans un vaste éventail d'activités et, par conséquent, elles sont généralement classées dans les rapports statistiques de l'industrie d'un grand nombre de secteurs. Par exemple, MDA, Télésat et Shaw font partie du secteur spatial canadien, mais leurs activités respectives (fabrication/ingénierie, exploitation de satellites et télédiffusion) sont différentes en ce qui a trait à la classification industrielle et aux liens économiques subséquents. De plus, les activités liées à l'espace exprimées en pourcentage des activités totales peuvent varier considérablement d'une compagnie à une autre, et d'un secteur industriel à un autre, ce qui limite la possibilité d'extraire ou de cumuler directement des renseignements à partir de données nationales sur les rapports industriels.

Le sondage annuel de l'ASC auprès du secteur spatial canadien permet de recueillir des données primaires liées aux activités spatiales des compagnies et sert de base pour notre évaluation de l'importance économique globale du secteur. Pour aider à résoudre le problème des classifications industrielles disparates et quantifier les impacts économiques généraux du secteur spatial, l'ASC a entrepris, en partenariat avec Industrie Canada, de dresser une liste des compagnies canadiennes impliquées dans les activités spatiales à partir du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), tirant aussi profit des données spécialisées du Registre des entreprises du Canada. Cet exercice, mené pour la première fois à l'aide des résultats du sondage de 2012 de l'ASC, a généré une liste de plus de 10 classifications industrielles distinctes, qui ont ensuite été regroupées dans quatre grands segments en fonction des activités de chaque compagnie dans la chaîne de valeur, y compris les services d'ingénierie et de consultation, la fabrication, l'exploitation de satellites et les fournisseurs de services à valeur ajoutée.

Des multiplicateurs économiques personnalisés ont ensuite été incorporés à chaque segment de la chaîne de valeur en fonction de la pondération respective de l'emploi au niveau des entreprises dans les codes du SCIAN sous-jacents de chaque catégorie, à l'aide des rapports d'entrants-extrants de Statistique Canada. À partir de ce modèle économique élaboré conjointement, on a établi une estimation des impacts directs, indirects et induits sur le PIB du Canada pour chaque segment du secteur spatial.

Pour les besoins de cette étude, la méthode principale est restée la même, mais les multiplicateurs ont été mis à jour et raffinés à l'aide des données du sondage de 2013 et des informations obtenues lors de consultations de l'industrie en concert avec l'ASC et Industrie Canada. Deux types d'entrants primaires peuvent être utilisés dans un modèle d'entrants-extrants : le roulement ou l'emploi. Le roulement a été utilisé comme entrant primaire dans certaines études d'impact économique menées par des tierces parties, mais on a choisi d'utiliser l'emploi dans le cadre de la présente étude, car il donne un portrait plus exact du niveau réel de l'activité économique menée au Canada. Les niveaux d'emploi directs ont été recueillis directement du sondage annuel et les multiplicateurs économiques personnalisés ont servi à estimer les effets indirects et induits du secteur spatial sur l'emploi au Canada. Il est important de souligner que les multiplicateurs économiques ont été ajustés pour tenir compte des liens avec la chaîne d'approvisionnement (ce qui permet d'éviter la double comptabilisation) dans le secteur spatial proprement dit, car de multiples compagnies se fournissent les unes les autres des biens

et services intermédiaires qui, autrement, mèneraient à une surestimation des effets indirects du secteur.

Pour ce qui est de la contribution aux revenus du gouvernement, le sondage annuel de l'ASC ne recueille pas de données sur la fiscalité des entreprises et, en raison de la nature intersectorielle du secteur spatial, il est impossible d'obtenir des estimations fiables à partir des résultats du modèle intrants-extrants personnalisé. Cependant, l'analyse des états financiers publics des compagnies qui génèrent des revenus spatiaux primaires donne une bonne idée des niveaux de fiscalité directe des entreprises. Des estimations des salaires (revenus personnels) appuyés par le secteur spatial canadien ont été calculées par une analyse des salaires moyens de chacune des classifications industrielles retenues (SCIAN) et de leurs niveaux salariaux correspondants, fournis par Statistique Canada. On a ensuite estimé les impôts en fonction des taux provinciaux et fédéraux correspondants, en respectant la distribution provinciale des emplois dans le secteur spatial. Enfin, des estimations de l'imposition indirecte, ce qui comprend la taxe de vente sur les biens intermédiaires, les droits d'accise, les taxes foncières et autres, ont été adaptées à partir des multiplicateurs personnalisés d'entrants-extrants.

RÉFÉRENCES

- ¹ European Global Navigation Satellite Systems Agency (2013), *GNSS Market Report*, volume 3.
- ² Examen de l'aérospatiale (2012), *Vers de nouveaux sommets : les intérêts et l'avenir du Canada dans l'aérospatiale*.
- ³ Agence spatiale canadienne (2014), *Cadre de la politique spatiale du Canada : l'envol de la prochaine génération*.
- ⁴ Industrie Canada (2014), *Un moment à saisir pour le Canada : aller de l'avant dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'innovation*.
- ⁵ The seven priority areas in advanced manufacturing are automation (including robotics), nanotechnology, aerospace, lightweight materials and technologies, additive manufacturing, quantum materials, and automotive.
- ⁶ Perron, P., Connaissance de la situation en matière de météorologie spatiale et des effets de celle-ci sur un environnement interarmées, interorganisationnel, national et arctique, *Revue militaire canadienne*, 14(4).
- ⁷ Airpower Research Institute (2005), *The Paradigm Shift to Effects-Based Space: Near Space as a Combat Space Effects Enabler*.
- ⁸ Statistique Canada, *Tableau 379-0031 – Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*, mensuel (dollars x 1 000 000), CANSIM (base de données), récupéré du site Web de Statistique Canada : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=3790031&retrLang=fra&lang=fra>.
- ⁹ *Idem*.
- ¹⁰ Statistique Canada (2011), *Apport des petites et moyennes entreprises au produit intérieur brut : comparaison entre le Canada et les États-Unis*.
- ¹¹ Statistique Canada (2014), *2002-2012 : une décennie de changements dans les exportations manufacturières canadiennes*; Porter, D., (2013), *Canada's Biggest Challenge* (article dans BMO Magazine).
- ¹² Oxford Economics (2009), *The Case for Space: The Impact of Space Derived Services and Data*.
- ¹³ Canada aerospace manufacturing multiplier as estimated in the following studies - Industrie Canada (2013), *L'état de l'industrie aérospatiale canadienne*, Oxford Economics (2011), *Economic Benefits from Air Transport in Canada*.
- ¹⁴ Ministère des Finances Canada (2014), *Rapport sur l'emploi : le point sur le marché du travail*.
- ¹⁵ Statistique Canada définit le Personnel hautement qualifié (PHQ) comme étant les titulaires d'un baccalauréat ou d'un diplôme universitaire de niveau supérieur.
- ¹⁶ *Supra*, note 14.
- ¹⁷ Industrie Canada (2013), *L'état de l'industrie aérospatiale canadienne*. Nota : L'effectif industriel exclut l'emploi dans la fonction publique et la contribution au PIB.
- ¹⁸ *Idem*.
- ¹⁹ Gouvernement du Canada (2014), *Plan d'action économique du Canada*.
- ²⁰ Federal GNSS Coordination Office (2012), *Canadian GNSS Activity*, Seventh Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems, Beijing, Chine, du 5 au 9 novembre 2012.
- ²¹ Agriculture et Agroalimentaire Canada, *Vue d'ensemble du système agricole et agroalimentaire canadien 2014*. récupéré du site Web d'Agriculture et Agroalimentaire Canada : <http://www.agr.gc.ca/fra/a-propos-de-nous/publications/publications-economiques/liste-alphabetique/vue-densemble-du-systeme-agricole-et-agroalimentaire-canadien-2014/?id=1396889920372>.
- ²² Gestion agricole du Canada (2013), *Favoriser les gains en productivité grâce à la technologie*, préparé par EduTransfer Design Associates Inc. & Haywire Creative, récupéré du site Web de Gestion agricole du Canada : <http://www.fmc-gac.com/fr/content/favoriser-les-gains-en-productivite-gr-cc-la-technologie>.
- ²³ Traub, T. (2012), *Wal-Mart Used Technology to Become Supply Chain Leader*, récupéré du site Web d'Arkansas Business : <http://www.arkansasbusiness.com/article/85508/wal-mart-used-technology-to-become-supply-chain-leader?page=all>.
- ²⁴ Wilmot, M. (2014), *New Inflight Entertainment System and WiFi on WestJet*, récupéré du blogue de Westjet : <http://blog.westjet.com/new-inflight-entertainment-wifi-on-westjet/>.
- ²⁵ Via Rail Canada (2014), *La fête du Travail a tenu les employés de Via Rail occupés : 67 400 passagers à bord*, récupéré du site Web de Via Rail : <http://www.viarail.ca/fr/a-propos-de-via/medias/dernieres-nouvelles/75346/05-septembre-2014-la-fete-du-travail-a-tenu-les-emp>.
- ²⁶ Labrador, V. (2014), *Opportunities in the Canadian FSS Market*. Satellite Markets & Research.

-
- ²⁷ En anglais, définition de « Spin-off », extraite du site Web du dictionnaire Collins : <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/spin-off?showCookiePolicy=true>.
- ²⁸ En anglais, lexique du Financial Times, définition de « *Spin-Off* », récupérée du lexique du site Web du Financial Times : http://lexicon.ft.com/Term?term=spin_off.
- ²⁹ NASA (2012), *Spin-off*.
- ³⁰ Organisation for Economic Co-operation and Development (2014), *The Space Economy At a Glance*.
- ³¹ ASC (2014), Évaluation du Programme de développement de technologies d'exploration avancée.
- ³² Conseil des académies canadiennes (2013), *L'état de la R-D industrielle au Canada*.
- ³³ OCDE (2011), Science, technologie et industrie : tableau de bord de l'OCDE 2011.
- ³⁴ Conseil des académies canadiennes (2013), *L'état de la R-D industrielle au Canada*.
- ³⁵ *Idem*.
- ³⁶ *Supra*, note 12.
- ³⁷ Commission européenne (2011), *European Competitiveness Report*, SEC (2011) 1188 final.
- ³⁸ Industrie Canada (2014), *Un moment à saisir pour le Canada : aller de l'avant dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'innovation*.
- ³⁹ ASC (2014), Master Inventory – CSA Space Researchers: 14 avril 2014 (base de données interne).
- ⁴⁰ Programme de subventions et de contributions (S et C) de l'ASC, gestionnaire.
- ⁴¹ Shephard, G. (2014), Space Science in Canada 2014: Accomplishments, Aspirations and Future Prospects – an Introduction, *Physics in Canada* 70(4).
- ⁴² York University, *Canadian Contribution to the Phoenix Mars Mission*, récupéré du site Web de l'Université York : <http://www.yorku.ca/cress/documents/CanadianContributiontoPhoenixMarsMission.pdf>; Whiteway, J. et al., *Canadian Instruments on Planetary Exploration Missions*, *Physics in Canada*, 70(4).
- ⁴³ Thomson Reuters, (2014), *Top Talent Lifts Canada's Cosmology Status, and its Economy*, récupéré du site *Web du Globe and Mail* : <http://www.theglobeandmail.com/partners/thomsonreuterscapitalize/top-talent-lifts-canadas-cosmology-status-and-its-economy/article21350111/>.
- ⁴⁴ Thomson Reuters, (2014), *Highly Cited Researchers 2014*, extrait du site Web Highly Cited Researchers : <http://highlycited.com/>.
- ⁴⁵ Beaudry, C. & Martin, A., *Collaboration between Government, Academia and Industry using Bibliometrics*, présentation à l'Agence spatiale canadienne, Montréal, Canada, 28 mai 2014.
- ⁴⁶ Conseil des SMA sur l'intégration des sciences et technologies (2012), *Carte des activités spatiales fédérales*.
- ⁴⁷ Lansdowne Technologies (2014), *The Benefits and Impacts of the RADARSAT Missions: A Case Study Report to the Canadian Space Agency*.
- ⁴⁸ *Idem*.
- ⁴⁹ Wolfe-Wylie, W. & Berthiaume, L. (2013), *Interactive: Where Canada's Military is Currently Deployed*, récupéré du site Web de Canada.com : <http://o.canada.com/news/national/interactive-where-canadas-military-is-currently-deployed>.
- ⁵⁰ Research funded by the National Science Foundation (NSF), NCAR's sponsor, and the National Oceanic and Atmospheric Administration, as published in June 2009 in the Bulletin of the American Meteorological Society. Canada figures extrapolated by Euroconsult; National Science Foundation (2014), *Weather Forecasts of Great value to Americans, Survey Finds*, récupéré du site Web de la National Space Foundation : http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=115039.
- ⁵¹ Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada (2014), *Les transports au Canada 2013*.
- ⁵² Valdes-Dapena, P. (2011), *GPS Systems That Save Gas*, récupéré du site Web de CNN Money : http://money.cnn.com/2011/03/03/autos/navigation_gps_fuel_economy/.
- ⁵³ Catalyst Consulting (2014), *Infographic: The 2014 Canadian Smartphone Market*, Retrieved from the Catalyst Website: <http://catalyst.ca/infographic-2014-canadian-smartphone-market/>.
- ⁵⁴ Euroconsult Analysis of: European GNSS Agency (2013), *GNSS Market Report – Issue 3*.
- ⁵⁵ Flavelle, D., *Co-operators' Usage-Based Car Insurance Plan Promises to Cut Rates*. Récupéré du site Web du Toronto Star : http://www.thestar.com/business/2014/03/17/cooperators_usagebased_car_insurance_plan_promises_to_cut_rates.html
- ⁵⁶ Canadian Broadcasting Corporation, *The Anik Satellite and Northern Canada*, Retrieved from the CBC Website: <http://www.cbc.ca/archives/categories/science-technology/space/launching-the-digital-age-canadian-satellites/the-anik-satellite-and-northern-canada.html>.
- ⁵⁷ Sirius XM Canada (2014), *Investor Presentation – August 2014*, récupéré du site Web de Sirius XM Canada : <http://www.siriusxm.ca/wp-content/uploads/2014/08/2014-Q3-Investor-Presentation.pdf>.

-
- ^{58 58} Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (2013), *Rapport de surveillance des communications*, septembre 2013. Section 6 : « Disponibilité de la large bande et adoption de technologies numériques ».
- ⁵⁹ Imituk Inc. (2011). *A Matter of Survival: Arctic Communications in the 21st Century*, NCIS-WG Arctic Communications Infrastructure Assessment.
- ⁶⁰ *Idem*.
- ⁶¹ Société de développement de la connectivité haute vitesse du Nunavut (2011), *Nunavut's October 6 Disconnection: The Impact of the Anik F2 Satellite Failure on Nunavut*.
- ⁶² Cospas-Sarsat (2013), *Bulletin d'information – Numéro 25*.
- ⁶³ Garde côtière canadienne (2014), *La recherche et sauvetage maritime au Canada*, récupéré du site Web de la Garde côtière canadienne : http://www.ccg-gcc.gc.ca/fra/GCC/RES_Sar_maritime.
- ⁶⁴ Statistique Canada (2012), *Trafic des transporteurs aériens aux aéroports canadiens*, récupéré du site Web de Statistique Canada : http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/statcan/51-203-x/51-203-x2011000-fra.pdf.
- ⁶⁵ Chiffres de la Charte à la fin de l'année 2014.
- ⁶⁶ Institut du Dominium (2014), *101 choses que les Canadiens.ne.s devraient savoir au sujet du Canada*, récupéré du site Web de l'Institut du Dominium : <http://www.101choses.ca/>.
- ⁶⁷ ASC, (2014), *Socio-economic Study Inspiration Data* (rapport interne).
- ⁶⁸ Statistique Canada, *Étude de cas : L'appauvrissement de la couche d'ozone et le Protocole de Montréal*, récupéré du site Web de Statistique Canada : <http://www.statcan.gc.ca/edu/power-pouvoir/ch5/casestudy-edudedecas/5214797-fra.htm>.
- ⁶⁹ Environnement Canada (2012), *Plan de mise en œuvre conjoint Canada-Alberta pour la surveillance visant les sables bitumineux*.
- ⁷⁰ Service météorologique du Canada (2008). *The Canadian National Report on Systematic Observations for Climate: National Activities with Respect to the Global Climate Observing System (GCOS) Implementation Plan*.
- ⁷¹ L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a évalué l'investissement en énergie destinée aux consommateurs à l'échelle mondiale à 1 600 milliards en 2013, ce qui représente plus du double de ce qu'elle était en l'an 2000. On s'attend à une croissance soutenue de l'investissement mondial en solutions énergétiques qui devrait atteindre 2 trillions \$ d'ici 2035.
- ⁷² MacDonald-Laurier Institute (2011), *Canadian Agriculture and Food: A Growing Hunger for Change*, Prepared by Martin, L. & Stiefelmeyer, K.
- ⁷³ ASC (2013), *Cadre de la politique spatiale du Canada*.
- Ressources naturelles Canada, *Industrie et commerce*, récupéré du site Web de Ressources naturelles Canada : <http://www.rncan.gc.ca/forets/industrie/13306>.
- ⁷⁵ Ressources naturelles Canada, *Aperçu de l'industrie forestière du Canada*, récupéré du site Web de Ressources naturelles Canada : <http://www.rncan.gc.ca/forets/industrie/aperçu/13312>.
- ⁷⁶ Association des produits forestiers du Canada, *L'industrie en chiffres*, récupéré du site Web de l'Association des produits forestiers du Canada : <http://www.fpac.ca/fr/industrie-forestiere-canadienne/produits-forestiers/>.
- ⁷⁷ Association canadienne de pipelines d'énergie (2013), *Le résultat net : les pipelines et le PIB du Canada*, récupéré du site Web de l'Association canadienne de pipelines d'énergie : <http://www.cepa.com/fr/le-resultat-net-les-pipelines-et-le-pib-du-canada>.
- ⁷⁸ Environnement Canada (2010), *Planifier un avenir durable : Stratégie fédérale de développement durable pour le Canada*.
- ⁷⁹ Parcs Canada (2011), *État des lieux naturels et historiques du Canada 2011*.
- ⁸⁰ Association canadienne de pipelines d'énergie (2012), *À propos des pipelines – 2012 : nos connexions énergétiques* (livret d'information).
- ⁸¹ Gibbs, G. & Evans, M., *A History of the Canadian Space Program: Policies that have Guided the Program and Lessons Learned Coping with Modest Budgets*, 65th International Astronautical Congress, Toronto, Canada, 29 septembre au 3 octobre 2014.
- ⁸² *Loi sur l'Agence spatiale canadienne*, art. 5(3)d), L.C. 1990, ch. 13.
- ⁸³ CSA, *International Agreements: Countries and Project Summaries*, (base de données interne).
- ⁸⁴ CSA (2014), *Polar View Legacy Comprehensive Report*, préparé par C-CORE.
- ⁸⁵ *Idem*.
- ⁸⁶ ASC (2010), *Évaluation sommative de l'Accord de coopération Canada-ESA 2000-2009 : Rapport final*, préparé par Goss Gilroy Inc.