

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

Mémoire prébudgétaire 2026–2027

Industrialisation intelligente, souveraineté technologique et résilience des systèmes critiques

Positionner le Québec comme leader nord-américain en systèmes autonomes, télécommunications critiques et intelligence embarquée

Soumis au :

Ministère des Finances du Québec

Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE)

Présenté par :

Humanitas Solutions Inc.

Montréal, Québec - Février 2026

Résumé exécutif décisionnel

Objet

Proposer l'inscription, dans le Budget 2026–2027, de **cinq instruments budgétaires structurants** visant à transformer l'avantage comparatif du Québec en leadership industriel durable dans les secteurs critiques : systèmes autonomes, télécommunications résilientes, intelligence embarquée et industrialisation avancée.

Constat stratégique

Le Québec possède une masse critique unique au Canada :

- Majorité de la fabrication aérospatiale nationale (plus de 50 % de l'activité canadienne)
- Concentration majeure d'activités de R-D en intelligence artificielle, reconnue mondialement (Mila, IVADO, CDPQ, Scale AI)
- Capacités émergentes en microélectronique, packaging avancé et intégration de systèmes
- Tissu dynamique de PME technologiques exportatrices, ancré dans les régions et les filières stratégiques
- Infrastructures énergétiques à faible coût carbone offrant un avantage compétitif structurel

Toutefois, l'écart entre innovation et industrialisation à grande échelle demeure le principal frein à la création de valeur durable sur le territoire québécois.

Le contexte international - réindustrialisation alliée (AUKUS, OTAN, accords bilatéraux), restructuration des chaînes d'approvisionnement, pressions climatiques et menaces sécuritaires croissantes - transforme la capacité industrielle souveraine en actif stratégique de premier ordre.

Le Québec doit agir dans le cadre du Budget 2026–2027 pour :

- Renforcer sa productivité manufacturière dans les filières critiques
- Sécuriser ses chaînes d'approvisionnement stratégiques
- Maintenir ses sièges sociaux, ses brevets et sa propriété intellectuelle sur le territoire
- Accroître ses exportations technologiques à haute valeur ajoutée
- Soutenir la résilience de ses infrastructures publiques et de ses services essentiels

Les cinq recommandations budgétaires structurantes

#	Priorité	Enveloppe	Horizon
1	Programme québécois de missions pilotes en environnements critiques	30 M\$	3 ans
2	Fonds d'industrialisation intelligente	50 M\$	4 ans
3	Accélération des capacités matérielles stratégiques	20 M\$	3 ans
4	Mécanisme de capital patient dédié aux PME critiques	40 M\$	Capitalisation initiale
5	Pacte Universités–PME pour l'industrialisation et la protection de l'IP	15 M\$	3 ans
Total		155 M\$	3–4 ans

Conclusion stratégique pour décision budgétaire

Le Québec ne manque ni de talents, ni d'innovation, ni d'infrastructures. **Il manque d'un cadre budgétaire coordonné** qui oriente simultanément les leviers publics vers cinq objectifs convergents : industrialisation, résilience, productivité, exportation et souveraineté technologique.

L'enveloppe budgétaire totale proposée - environ 155 M\$ sur 3 à 4 ans - représente un investissement structurant à rendement élevé, comparable en échelle aux programmes existants (Essor, zones d'innovation, Offensive de transformation numérique), mais ciblé spécifiquement sur le chaînon manquant entre l'innovation et l'industrialisation.

Il s'agit d'un choix structurant pour la prochaine décennie industrielle du Québec.

1. Pourquoi agir maintenant : contexte stratégique et industriel

1.1 Mutation géopolitique et reconfiguration des chaînes d'approvisionnement

La sécurité des chaînes d'approvisionnement technologiques est désormais reconnue comme un enjeu stratégique majeur au sein des alliances occidentales. L'OTAN a adopté en 2024 une feuille de route spécifique visant à sécuriser les chaînes d'approvisionnement critiques liées aux technologies de défense et aux systèmes émergents [1]. Cette initiative reflète une prise de conscience collective : la résilience industrielle conditionne désormais la posture stratégique des États.

Les disruptions observées depuis 2020 - pandémie, tensions géopolitiques, guerre en Ukraine - ont mis en lumière la dépendance excessive des économies occidentales à certains fournisseurs étrangers, notamment pour les semi-conducteurs, les composants électroniques avancés et les systèmes embarqués [2]. Selon l'OCDE, les chaînes de valeur mondiales des secteurs technologiques sont particulièrement vulnérables aux chocs géopolitiques, un constat qui s'applique directement aux filières exportatrices québécoises [3].

Dans le domaine des systèmes autonomes, les conflits récents ont démontré que la supériorité opérationnelle dépend non seulement de l'innovation, mais de la capacité à produire rapidement et à grande échelle [4]. L'usage massif de drones dans le conflit ukrainien a illustré l'importance stratégique de la production industrielle distribuée et adaptable [5].

Pour le Québec, cette reconfiguration est à la fois un risque et une opportunité. La province concentre environ 50 % de la fabrication aérospatiale canadienne [17] et abrite un tissu de sous-traitance avancée profondément intégré dans les chaînes d'approvisionnement alliées. Le repositionnement mondial des chaînes de valeur ouvre des marchés considérables pour les PME québécoises capables de se qualifier comme fournisseurs souverains de confiance auprès des partenaires alliés.

1.2 Industrialisation des systèmes autonomes : passage du prototype à la production de masse

Les analyses stratégiques contemporaines convergent vers un constat : l'ère du prototype isolé est révolue. La compétitivité repose désormais sur la capacité à industrialiser des systèmes autonomes robustes, interopérables et évolutifs [6].

L'Atlantic Council souligne que les chaînes d'approvisionnement des systèmes aériens sans pilote (UAS) présentent des vulnérabilités majeures pour les pays occidentaux,

notamment en matière de dépendance à des fournisseurs dominants pour les composants critiques [7]. RAND Corporation note que la résilience industrielle et la production à cadence élevée deviennent des facteurs déterminants de supériorité stratégique [8].

Les environnements opérationnels modernes exigent des systèmes capables d'opérer en essaim, de maintenir des fonctions critiques en environnement dégradé (Denied, Degraded, Intermittent, Limited communications - DDIL) et d'intégrer des mises à jour logicielles continues [9]. Ces exigences imposent une architecture industrielle fondée sur la modularité et la production flexible.

Le Québec possède les fondations pour répondre à cette exigence : une base manufacturière aérospatiale mature, des capacités avancées en composites et en intégration de systèmes, et un écosystème d'intelligence artificielle de calibre mondial. Ce qui manque, c'est le cadre budgétaire pour financer le passage du démonstrateur à la ligne de production - le « fossé d'industrialisation » que seule une intervention structurée peut combler.

1.3 Pressions sur les infrastructures critiques

La résilience des infrastructures critiques constitue désormais un axe stratégique commun OTAN–Union européenne [10]. Les rapports conjoints insistent sur la nécessité d'intégrer des technologies numériques avancées et des systèmes autonomes pour protéger les réseaux énergétiques, de transport et de communication [11].

Au Canada, la Stratégie nationale pour les infrastructures essentielles reconnaît que les menaces hybrides, les cyberattaques et les événements climatiques extrêmes exigent une modernisation des capacités de surveillance et d'intervention [12]. Les feux de forêt de 2023 au Canada - les plus dévastateurs de l'histoire récente avec plus de 18 millions d'hectares brûlés - ont entraîné des coûts économiques considérables et souligné l'urgence de déployer des systèmes de détection et de cartographie avancés [13].

Le Québec est au cœur de ces enjeux. Le corridor du Saint-Laurent - artère économique vitale - requiert une surveillance continue face aux risques environnementaux, à la densification du trafic maritime et aux menaces émergentes sur les infrastructures portuaires. Les réseaux énergétiques d'Hydro-Québec, étendus sur un territoire immense, sont exposés aux événements climatiques extrêmes avec une fréquence croissante. Les forêts boréales québécoises, soumises à des saisons de feux de plus en plus sévères, exigent des outils de détection que seuls les systèmes autonomes peuvent fournir à l'échelle requise.

Les systèmes autonomes combinés à des réseaux de télécommunications résilients permettent une amélioration significative de la connaissance de situation en temps réel

et une optimisation de la coordination inter-agences [14] - des capacités directement applicables aux besoins opérationnels du ministère de la Sécurité publique, de la SOPFEU et des organismes responsables de la protection civile au Québec.

1.4 Fenêtre réglementaire et opportunité pour le Québec

L'évolution des cadres réglementaires encadrant les opérations avancées de drones, notamment les vols au-delà de la ligne de visée (BVLOS), ouvre une fenêtre stratégique pour les juridictions capables de structurer rapidement des corridors d'essais et des mécanismes d'homologation accélérés [15].

Le Canada a amorcé des ajustements réglementaires significatifs : les nouvelles dispositions de Transports Canada sur les opérations BVLOS et les RPAS de catégorie moyenne, entrées en vigueur le 26 mars 2025 (*Gazette du Canada*, Partie II), créent un cadre propice à l'accélération des validations opérationnelles [16].

Le Québec, avec son écosystème aérospatial structuré autour de Mirabel, Longueuil et Montréal, bénéficie d'une concentration industrielle unique au Canada, représentant environ 50 % des emplois aérospatiaux nationaux et quelque 230 entreprises [17]. Cette densité constitue un levier stratégique de premier ordre pour structurer un environnement de validation opérationnelle intégré.

Le Québec dispose d'atouts complémentaires pour saisir cette fenêtre :

- Des infrastructures aéroportuaires et des corridors d'essai en développement, notamment au Saguenay–Lac-Saint-Jean
- Les zones d'innovation du Québec (aérospatiale, numérique), qui offrent un cadre institutionnel et fiscal propice
- Un réseau intégré universités–centres de recherche–PME (Polytechnique Montréal, ÉTS, Université de Sherbrooke, Mila, IVADO, CRIAQ, CTA) permettant des boucles développement–validation–industrialisation particulièrement courtes

Cette fenêtre réglementaire est limitée dans le temps. Les juridictions concurrentes - en Ontario, en Alberta, aux États-Unis et en Europe - accélèrent la mise en place de leurs propres environnements d'essai. Le Budget 2026–2027 offre au Québec l'occasion de prendre une avance décisive.

1.5 Risque de décrochage industriel sans intervention ciblée

Sans intervention budgétaire structurée dans le cycle 2026–2027, le Québec fait face à trois risques majeurs :

1. Dépendance technologique accrue. La province importe la quasi-totalité de ses composantes électroniques critiques - semi-conducteurs, FPGA, modules embarqués, capteurs spécialisés. Sans investissement dans les capacités locales d'intégration et de qualification, cette dépendance s'aggraverà à mesure que les fournisseurs étrangers prioriseront leurs propres marchés nationaux dans un contexte de réindustrialisation mondiale [2][7].

2. Perte de compétitivité industrielle. Les juridictions alliées ayant intégré la sécurité d'approvisionnement dans leur planification stratégique - États-Unis (CHIPS and Science Act, Replicator Initiative), Australie (AUKUS Pillar II), Union européenne (European Defence Industrial Strategy, EDIS) - mobilisent des milliards en soutien direct à leurs filières de systèmes autonomes. Les PME québécoises, confrontées au fossé de financement entre le démonstrateur et la production série, risquent de perdre leur fenêtre de compétitivité face à des concurrents massivement soutenus par leurs États respectifs [1][8].

3. Fuite d'innovation et de propriété intellectuelle. Les PME québécoises innovantes en systèmes autonomes, IA embarquée et microélectronique représentent des cibles d'acquisition privilégiées pour des fonds et des entreprises étrangères. Sans mécanismes de capital patient et de protection de l'IP, le Québec risque de financer la R-D par ses programmes publics et de voir la valeur industrielle captée à l'extérieur du territoire [18]. Statistique Canada confirme que les industries de haute technologie sont particulièrement sensibles à la disponibilité du capital de croissance et à l'accès aux marchés publics structurants [19].

La maîtrise locale des technologies autonomes et des chaînes de valeur associées n'est pas un luxe : c'est un impératif économique et stratégique pour le Québec.

2. Atouts stratégiques du Québec

Le Québec ne part pas de zéro. La province dispose d'un ensemble d'actifs structurels - industriels, institutionnels, technologiques et réglementaires - qui justifient une intervention budgétaire ciblée non pas pour *créer* une filière, mais pour *industrialiser* la prochaine génération de capacités critiques. Cette section documente ces atouts à partir de sources vérifiables et quantifiées.

2.1 L'écosystème Espace Aéro : Mirabel – Longueuil – Montréal

Le Québec a officialisé en mai 2024 la création d'Espace Aéro, quatrième zone d'innovation du Québec, structurée autour de trois pôles - Longueuil, Mirabel et Montréal - sous la gouverne d'Aéro Montréal, avec une ambition explicite de positionnement mondial en aérospatiale, décarbonation et mobilité aérienne avancée [20]. L'annonce a été associée à un montage d'investissements de 415 M, *incluant* 85 M provenant du gouvernement du Québec, ce qui constitue un signal industriel fort - mais qui doit maintenant se traduire en instruments budgétaires orientés vers le passage à l'échelle : industrialisation, essais opérationnels et adoption institutionnelle [20].

Le pôle de Mirabel bénéficie d'une assise industrielle concrète : le site YMX est positionné par ADM comme un futur parc technologique et un élément intégré du hub de Mirabel d'Espace Aéro, regroupant des acteurs majeurs (Airbus, Pratt & Whitney, Safran, L3Harris, Mecachrome, Avianor, entre autres) et des projets liés à la mobilité aérienne avancée et à la décarbonation [21]. Cette concentration d'acteurs industriels, d'infrastructures d'essais et de gouvernance de zone d'innovation constitue une base opérationnelle rare au Canada pour accélérer la maturation technologique vers des déploiements réels.

Point clé pour la politique budgétaire : Espace Aéro est déjà une architecture de coordination. L'enjeu du Budget 2026–2027 est de la doter d'outils d'exécution - contrats pilotes gouvernementaux, corridors d'essais réglementés, financement d'industrialisation et capital patient - alignés sur les objectifs de souveraineté technologique et de résilience.

2.2 Les plateformes aéroportuaires comme bancs d'essai opérationnels

Les plateformes aéroportuaires offrent des environnements réels caractérisés par une complexité élevée : sécurité, opérations multi-acteurs, normes strictes, exigences de cybersécurité et de disponibilité continue. ADM positionne explicitement le YMX Innovation Centre comme un point d'ancrage des projets d'innovation et comme une composante structurante d'Espace Aéro [21].

Sur le plan de la mobilisation de l'écosystème, Aéro Montréal rapporte une dynamique active en matière de membres, d'événements et de mobilisation intersectorielle, mettant en avant une industrie « unie autour d'une ambition » de leadership aérospatial du Québec [22]. En mai 2025, un événement RDV Réseau organisé par le CRIAQ en partenariat avec ADM au YMX Innovation Centre a rassemblé plus de 100 innovateurs autour de la mobilité aérienne avancée, confirmant la capacité de la plateforme à fédérer rapidement des partenaires et des projets opérationnels [32].

Implication pour le Budget 2026–2027 : les infrastructures aéroportuaires d'ADM - en premier lieu Mirabel - peuvent être mobilisées comme bancs d'essais opérationnels pour valider des technologies duales (télécommunications critiques, autonomie, sécurité, simulation). Ce modèle accélère simultanément la crédibilité réglementaire, la maturité commerciale et l'exportabilité des solutions québécoises.

2.3 Aérospatiale : une base industrielle dominante, mesurable et exportatrice

Le Québec dispose de la base aérospatiale la plus concentrée au Canada, documentée par la stratégie gouvernementale *Horizon 2026*. Cette stratégie fait état de plus de 36 000 emplois directs, de près de 15,8 G\$ en ventes annuelles, d'environ 75 % de la production exportée hors Canada, et d'environ 70 % des activités de R-D aérospatiale réalisées au pays concentrées au Québec [23].

Au niveau fédéral, le rapport *État de l'industrie aérospatiale au Canada* (ISED) confirme la dominance québécoise : en 2024, le Québec représente 61 % de l'emploi canadien en fabrication aérospatiale [24]. Ce chiffre est corroboré par la U.S. International Trade Administration, qui converge sur le même ordre de grandeur (« over 61 % ») pour l'emploi en fabrication aérospatiale au Québec [25], ce qui renforce la robustesse du constat dans un contexte de positionnement international.

Implication budgétaire : ces indicateurs rendent non seulement défendable, mais nécessaire, une approche budgétaire ciblée. Le Québec n'a pas à « créer » une industrie aérospatiale; il doit industrialiser la prochaine génération de capacités - autonomie, télécommunications résilientes, intégration électronique avancée, simulation et jumeaux numériques - afin de préserver et d'étendre une base industrielle déjà dominante à l'échelle nationale.

2.4 Intelligence artificielle, simulation et expertise 3D : une convergence industrielle unique

Le Québec dispose d'un avantage comparatif rare dans la convergence IA + simulation + 3D, directement applicable à l'autonomie assurée : validation, données synthétiques, jumeaux numériques, entraînement et vérification de systèmes critiques.

Intelligence artificielle. Mila, le plus grand institut de recherche universitaire en apprentissage profond au monde, s'appuie sur une communauté de plus de 1 200 chercheurs et positionne ses compétences au cœur de l'écosystème canadien d'IA [26]. La Stratégie pancanadienne en IA, soutenue par un financement fédéral de 40 M\$ sur cinq ans (Budget 2021) [27], a été complétée par l'initiative « AI Advantage » de 2,4 G\$ annoncée par le gouvernement du Canada [28]. Le Québec capte une part disproportionnée de cet écosystème de recherche - un actif à valoriser industriellement.

Calcul souverain. Sur la capacité de calcul - élément critique pour l'IA souveraine - le cluster dédié à la recherche académique TamIA a été lancé à l'Université Laval : une infrastructure à pleine capacité comprenant 75 serveurs, 4 000 cœurs processeur et 38 000 Go de RAM, avec interconnexions rapides [34]. Cette infrastructure s'inscrit dans une logique de souveraineté computationnelle essentielle pour le développement d'applications d'IA embarquée en environnements critiques.

Simulation et expertise 3D. La force spécifique du Québec réside également dans son écosystème 3D et jeux vidéo, directement mobilisable pour la simulation avancée et les jumeaux numériques. Le rapport 2024 de l'Entertainment Software Association of Canada (réalisé avec Nordicity) estime que le Québec compte 257 studios et 15 220 employés dans l'industrie du jeu vidéo (2023–2024), sur un total canadien de 34 010 employés - soit environ 45 % de la main-d'œuvre nationale du secteur [29]. Montréal International souligne l'effet structurant de la présence de grands studios et du cadre incitatif québécois sur l'implantation durable de capacités de production numérique avancée [30].

Implication budgétaire : la combinaison IA (recherche + calcul), simulation/jumeaux numériques et expertise 3D positionne le Québec de façon unique pour industrialiser des systèmes autonomes « testés, validés et itérables » - condition nécessaire pour les déploiements en environnements critiques et pour la certification de systèmes d'IA embarquée.

2.5 Télécommunications avancées, transfert technologique et capacité exportatrice

L'industrialisation de l'autonomie dépend de télécommunications robustes et d'une capacité éprouvée d'intégration cyber-physique. Le Québec dispose d'un réseau de transfert technologique directement mobilisable à cette fin.

Transfert technologique. Le Centre technologique en aérospatiale (CTA), affilié au Cégep Édouard-Montpetit (ÉNA), est un centre collégial de transfert technologique (CCTT) actif depuis 1993, spécialisé en recherche appliquée et en transfert technologique au bénéfice de l'industrie, et en particulier des PME [31]. Le modèle CCTT - unique au Québec - constitue un maillon essentiel entre la R-D académique et l'intégration en environnement de production, permettant aux PME technologiques d'accéder à des capacités de qualification et de validation sans supporter seules les coûts fixes associés.

Capacité exportatrice. Les indicateurs d'exportation confirment le poids économique de l'aérospatiale dans l'économie québécoise : le profil sectoriel du gouvernement du Canada note que la fabrication de produits et pièces aérospatiales représente une composante dominante du secteur « matériel de transport » et que ce sous-secteur comptait pour 9,1 % des exportations du Québec en 2022 [33]. Cette capacité exportatrice déjà établie constitue le socle sur lequel les nouvelles filières - systèmes autonomes, télécommunications critiques, IA embarquée - peuvent se projeter à l'international.

Implication budgétaire : le Québec possède déjà une chaîne complète « recherche → transfert → intégration industrielle → exportation ». Le déficit principal n'est pas l'innovation; c'est le financement et la gouvernance orientés vers la mise à l'échelle - capacités manufacturières, essais opérationnels, adoption institutionnelle et souveraineté technologique. C'est précisément ce que le Budget 2026–2027 doit adresser.

3. Première priorité : Programme québécois de missions pilotes en environnements critiques

3.1 Objectifs et portée du programme

La première priorité budgétaire consiste à instituer un **Programme québécois de missions pilotes en environnements critiques** (enveloppe estimée : 30 M\$ sur 3 ans), permettant au gouvernement du Québec d’agir comme premier utilisateur stratégique de technologies duales (civiles et sécuritaires) développées par des PME québécoises, tout en créant un mécanisme structurant de validation industrielle.

Le fondement de cette recommandation repose sur un constat largement documenté : dans les secteurs technologiques critiques, c’est l’adoption institutionnelle - et non la seule R-D - qui constitue le principal catalyseur d’industrialisation. Mariana Mazzucato a démontré que l’État, lorsqu’il agit comme acheteur de première référence et preneur de risque, joue un rôle déterminant dans la création de marchés pour les technologies émergentes [35]. L’OCDE confirme que les marchés publics d’innovation représentent un levier majeur pour accélérer la commercialisation des technologies et réduire le « fossé d’industrialisation » entre le laboratoire et le marché [36].

Au Canada, les programmes d’innovation gouvernementale tels que le Programme d’innovation Construire au Canada (PICC) et son successeur, Solutions innovatrices Canada, ont été conçus précisément pour jouer ce rôle d’acheteur de première référence [37]. Toutefois, ces instruments restent fédéraux, opèrent selon des cycles longs, et ne ciblent pas spécifiquement les environnements critiques provinciaux ni les besoins opérationnels propres au Québec.

Un programme québécois dédié permettrait de combler cette lacune en intégrant des exigences avancées en matière de résilience, d’autonomie et de cybersécurité, directement alignées sur les besoins opérationnels du territoire et les capacités de l’écosystème documenté à la Section 2 - notamment les infrastructures d’Espace Aéro, les plateformes d’essai d’ADM et le réseau de transfert technologique des CCTT.

3.2 Cas d’usage prioritaires

Les quatre cas d’usage suivants sont sélectionnés en fonction de leur pertinence opérationnelle pour le Québec, de leur potentiel de validation industrielle pour les PME locales, et de leur crédibilité internationale aux fins d’exportation.

3.2.1 Surveillance et gestion du corridor du Saint-Laurent

Le fleuve Saint-Laurent constitue un axe économique stratégique de premier ordre : il supporte une part majeure du commerce maritime canadien et représente une infrastructure critique pour le Québec, tant sur le plan logistique qu’environnemental

[38]. Transports Canada identifie les corridors maritimes canadiens comme des actifs stratégiques nécessitant des capacités accrues de surveillance, de gestion des risques et de connaissance de situation en temps réel [39].

L'intégration de systèmes autonomes - drones aériens et maritimes équipés de capteurs multispectraux - pour la surveillance environnementale, la détection d'anomalies (pollution, glaces, intrusions) et le suivi du trafic pourrait réduire significativement les délais d'intervention et améliorer la connaissance de situation. L'Organisation maritime internationale (OMI) encourage d'ailleurs l'utilisation accrue de technologies numériques et de capteurs intelligents pour renforcer la sécurité maritime [40].

Partenaires opérationnels potentiels : Administration portuaire de Montréal, Administration portuaire de Québec, Garde côtière canadienne (en collaboration fédérale-provinciale), ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD), ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

3.2.2 Détection et cartographie des feux de forêt

Les feux de forêt au Canada ont atteint des niveaux historiques en 2023, avec plus de 18 millions d'hectares brûlés - un record national selon Ressources naturelles Canada [41]. Les coûts économiques directs et indirects se chiffrent en milliards de dollars, incluant les dépenses de lutte, les évacuations, les pertes d'infrastructures et les impacts sanitaires liés à la qualité de l'air [42].

Le Québec n'est pas épargné : les saisons de feux sont de plus en plus longues et sévères, et les capacités de détection précoce demeurent tributaires de moyens aériens traditionnels coûteux et limités en couverture. Les systèmes aériens sans pilote sont reconnus internationalement comme des outils efficaces pour la détection précoce, la cartographie thermique en temps réel et la coordination des opérations de lutte [43]. L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) identifie spécifiquement les drones comme des multiplicateurs d'efficacité dans les interventions d'urgence [44].

Un programme pilote structuré au Québec permettrait d'intégrer ces capacités directement aux opérations de la SOPFEU (Société de protection des forêts contre le feu), tout en créant un terrain de validation opérationnelle pour les PME locales développant des systèmes de détection autonome et de cartographie avancée.

Partenaires opérationnels potentiels : SOPFEU, ministère de la Sécurité publique (MSP), ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC).

3.2.3 Recherche et sauvetage en zones nordiques et éloignées

Les opérations de recherche et sauvetage (SAR) au Canada couvrent un territoire immense, incluant des régions éloignées et difficiles d'accès où les délais d'intervention peuvent être critiques [45]. Le gouvernement du Canada reconnaît que les technologies émergentes peuvent améliorer significativement la rapidité et l'efficacité des missions SAR [46].

Les drones dotés de capteurs thermiques, de capacités d'imagerie nocturne et de fonctions autonomes de balayage ont démontré leur efficacité pour localiser des personnes disparues dans des environnements complexes - forêts denses, terrain montagneux, conditions hivernales [47]. Des études publiées dans des revues spécialisées confirment que l'utilisation coordonnée de drones en essaim peut réduire significativement les temps de recherche par rapport aux méthodes traditionnelles [48].

Le Québec, avec ses vastes territoires nordiques, ses communautés éloignées et ses conditions hivernales exigeantes, constitue un terrain de validation idéal pour ces technologies - et un marché intérieur crédible pour démontrer l'efficacité opérationnelle avant exportation.

Partenaires opérationnels potentiels : Sûreté du Québec (SQ), MSP, Secrétariat aux affaires autochtones, organisations communautaires nordiques, Forces armées canadiennes (en coordination fédérale-provinciale).

3.2.4 Robotique autonome en appui à la sécurité publique et à l'inspection d'infrastructures

Les systèmes autonomes terrestres (UGV) et les plateformes robotisées d'inspection sont de plus en plus utilisés dans des contextes de surveillance, d'inspection d'infrastructures critiques et d'intervention en environnement sensible [49].

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) travaille activement sur des normes relatives à la sécurité des robots mobiles autonomes, ce qui accélère la structuration d'un cadre réglementaire international [50].

Au Canada, certains corps policiers intègrent déjà des technologies robotisées pour des missions spécialisées (démineurs, inspection de scènes dangereuses, surveillance périmétrique) [51]. Au Québec, les besoins sont considérables : inspection des infrastructures routières et des ponts (plus de 10 600 structures sous la responsabilité du MTMD), surveillance des barrages et installations d'Hydro-Québec, et appui aux interventions de sécurité publique en milieu urbain dense.

Un programme pilote provincial structurerait un cadre d'expérimentation conforme aux exigences juridiques québécoises, aux principes de protection des renseignements personnels (Loi 25) et aux normes de cybersécurité applicables.

Partenaires opérationnels potentiels : SQ, Service de police de la Ville de Montréal (SPVM), MTMD, Hydro-Québec, MSP.

3.3 Exigences technologiques structurantes

Afin d'éviter le financement de solutions ponctuelles sans potentiel d'industrialisation ni de mise à l'échelle, les missions pilotes devraient intégrer des critères technologiques stricts, alignés sur les standards internationaux émergents. Ces exigences remplissent une double fonction : elles garantissent la pertinence opérationnelle des solutions et renforcent leur crédibilité sur les marchés d'exportation.

Capacité d'opération en environnement dégradé (DDIL). Les systèmes déployés doivent être capables de maintenir leurs fonctions critiques dans des environnements où les communications sont dégradées, intermittentes ou limitées - un scénario fréquent en zones nordiques, forestières ou maritimes [52].

Intégration d'intelligence embarquée (edge computing). Le traitement des données doit s'effectuer au plus près des capteurs, réduisant la dépendance aux infrastructures cloud centralisées et garantissant la latence requise pour les décisions en temps réel [53].

Interopérabilité avec les systèmes gouvernementaux existants. Les solutions doivent pouvoir s'intégrer aux systèmes d'information et de communication déjà déployés par les ministères et organismes québécois, conformément aux architectures de référence applicables [54].

Conformité aux cadres de cybersécurité. Toute solution déployée dans un environnement critique doit respecter les directives du Centre canadien pour la cybersécurité en matière de protection des infrastructures essentielles, ainsi que les exigences québécoises en matière de protection des renseignements personnels [55].

Validation par simulation et essais en environnement réel. Les technologies doivent être validées à la fois par simulation (jumeaux numériques, environnements synthétiques) et par essais opérationnels en conditions réelles, conformément aux pratiques recommandées pour les systèmes critiques [56]. Les infrastructures d'Espace Aéro et les corridors d'essai en développement au Québec offrent un cadre idéal pour cette double validation.

3.4 Gouvernance et mécanismes d'acquisition

L'efficacité du programme repose sur des mécanismes d'acquisition adaptés à l'innovation, distincts des processus d'approvisionnement traditionnels.

L'OCDE recommande l'utilisation de modèles d'achats publics innovants - achats pré-commerciaux, partenariats d'innovation, contrats à résultats - pour soutenir les technologies émergentes sans imposer les rigidités des appels d'offres classiques [36]. Les modèles de partenariats d'innovation, déjà utilisés dans l'Union européenne, permettent un développement progressif avec validation intermédiaire à chaque phase, réduisant le risque pour l'acheteur public tout en maintenant l'incitation pour le fournisseur [57]. Au Canada, Services publics et Approvisionnement Canada reconnaît l'importance des mécanismes contractuels progressifs pour l'innovation technologique [58].

Le programme québécois devrait intégrer les mécanismes suivants :

- **Appels à projets ciblés** par cas d'usage, ouverts prioritairement aux PME québécoises et aux consortiums incluant des PME québécoises
- **Phases successives contractualisées** : faisabilité → validation pilote → déploiement élargi, avec points de décision budgétaires à chaque transition
- **Indicateurs de performance contractuels** liés à des résultats opérationnels mesurables (et non uniquement à des livrables de R-D)
- **Gouvernance interministérielle** impliquant le MEIE, le MSP, le MTMD et le MRNF selon les cas d'usage, avec un secrétariat de coordination rattaché au MEIE

3.5 Indicateurs de performance et critères de succès

Le succès du programme doit être évalué selon des critères opérationnels, industriels et économiques mesurables :

Indicateurs opérationnels : - Réduction mesurable du temps d'intervention dans les cas d'usage ciblés - Amélioration de la couverture territoriale (surface surveillée, fréquence de couverture) - Disponibilité opérationnelle des systèmes déployés (taux de disponibilité ≥ 85 %)

Indicateurs industriels : - Nombre de PME québécoises ayant participé aux missions pilotes - Nombre de projets ayant franchi la phase pilote vers l'adoption élargie ou le contrat opérationnel - Niveau de maturité technologique (TRL) atteint en fin de programme

Indicateurs économiques : - Contrats d'exportation ou de commercialisation générés à la suite de la validation opérationnelle - Emplois créés ou maintenus dans les filières concernées - Effet de levier sur le financement privé

Les expériences internationales démontrent que les programmes publics d'innovation les plus efficaces sont ceux qui combinent validation opérationnelle rigoureuse et

mécanismes clairs d'adoption post-pilote, évitant le piège du « projet vitrine » sans suite industrielle [59].

4. Deuxième priorité : Fonds d'industrialisation intelligente pour les PME

(Industrialisation des systèmes autonomes, télécommunications critiques, électronique embarquée et production évolutive - enveloppe estimée : 50 M\$ sur 4 ans)

4.1 De l'innovation à la capacité manufacturière : combler l'écart « prototype → production »

Le Québec dispose d'un tissu innovant solide, mais l'enjeu budgétaire déterminant est la conversion de l'innovation en capacité industrielle : procédés, outillage, qualité, traçabilité, certification, cadence et résilience de la chaîne d'approvisionnement. Cette logique est désormais explicitement intégrée aux priorités alliées : l'OTAN appelle à accélérer la croissance de la capacité industrielle et l'adoption rapide de nouvelles technologies, en structurant des signaux de demande et des mécanismes d'agrégation pour soutenir la production [60]. L'Alliance a également formalisé un engagement à accélérer la capacité de production et la résilience industrielle, incluant l'élimination d'obstacles réglementaires, la fourniture de signaux de demande et la coordination de plans nationaux [61].

Sur le plan québécois, les données sont sans ambiguïté. Les documents normatifs du programme ESSOR (MEIE / Investissement Québec) reconnaissent explicitement le retard relatif de productivité et l'impératif d'investir en machines, équipements et logiciels. Le cadre normatif 2025–2027 indique qu'en 2023, la productivité des entreprises du Québec était de 55,30 \$/heure, contre 57,10 \$ en Ontario et 59,10 \$ à l'échelle canadienne, et que les investissements en machines, équipements et logiciels représentaient 7,1 % du PIB du Québec en 2023, contre 7,3 % en Ontario [62]. Ces données justifient un instrument budgétaire qui cible l'industrialisation au sens strict - productivité, mise à l'échelle, automatisation, outillage, systèmes qualité - plutôt que le financement additionnel de démonstrateurs technologiques.

L'expérience internationale confirme cette orientation : l'Union européenne a adopté en mars 2024 sa première stratégie industrielle de défense (EDIS), visant explicitement à garantir des équipements « en quantité, quand ils sont nécessaires ». L'EDIS fixe des cibles d'achats conjoints et de production intra-européenne d'ici 2030, assorties d'un programme de financement dédié de 1,5 Md€ [63].

Implication budgétaire : la demande publique, la productivité manufacturière et la montée en cadence doivent être traitées comme des priorités économiques et stratégiques - pas comme des sujets purement technologiques. C'est l'objet du Fonds proposé.

4.2 Industrialisation des systèmes autonomes de nouvelle génération

Le Fonds doit être explicitement orienté vers la prochaine génération de systèmes : autonomie distribuée, architectures modulaires, essais, résilience des télécommunications et mises à jour logicielles continues. Plusieurs publications institutionnelles européennes identifient la capacité à atteindre la production de masse de drones et de systèmes autonomes comme un élément clé de préparation industrielle face aux conflits de haute intensité [64].

L'illustration la plus parlante du basculement stratégique est le différentiel de cadence observé en Ukraine : des sources de presse de référence rapportent environ 1,5 million de drones produits en 2024 et un objectif de plus de 4 millions en 2025 [65]. D'autres sources documentent des cadences d'intercepteurs de l'ordre de plusieurs centaines par jour, avec un objectif d'environ 1 000 unités quotidiennes [66]. Ces chiffres ne sont pas cités comme un modèle à reproduire en économie de paix, mais comme la preuve que le déterminant stratégique a basculé : **l'industrialisation rapide et flexible des systèmes autonomes est devenue une capacité en soi**, aussi déterminante que la performance technologique unitaire.

Conséquence directe pour le Québec : un fonds d'industrialisation « intelligent » doit financer non seulement la capacité d'assemblage, mais l'ensemble de la chaîne de maturité industrielle :

Architecture produit. Modularité, interchangeabilité des sous-systèmes, conception orientée production (*design-to-manufacture*) - les conditions nécessaires pour qu'un système passe du prototype artisanal à la production série.

Testabilité et fiabilité. Tests automatisés, bancs de test Hardware-in-the-Loop (HIL) et Software-in-the-Loop (SIL), qualification environnementale - les éléments qui transforment un démonstrateur fonctionnel en produit certifiable et livrable.

Résilience en environnement contesté. Capacités anti-brouillage, modes dégradés, robustesse des communications - les exigences opérationnelles qui distinguent un système de démonstration d'un système déployable.

Mise à jour logicielle sécurisée. Pipelines MLOps/EdgeOps, gestion des vulnérabilités, cybersécurité embarquée - la couche logicielle qui permet l'évolution continue des systèmes après déploiement.

4.3 Modernisation des chaînes de production : automatisation, qualité et traçabilité

Le Fonds doit privilégier des dépenses directement liées à la montée en cadence et à la qualité de production - les postes d'investissement précisément identifiés par le programme ESSOR comme déficitaires au Québec [62].

Automatisation de l'assemblage et du contrôle qualité. L'intégration de cellules robotisées, de systèmes de vision industrielle et de contrôle qualité automatisé réduit les coûts unitaires et améliore la reproductibilité - conditions essentielles pour passer de la dizaine à la centaine puis au millier d'unités.

Bancs d'essais automatisés et tests environnementaux. La qualification des systèmes autonomes exige des bancs de test capables de simuler des conditions opérationnelles réelles (température, vibrations, compatibilité électromagnétique CEM/EMI). Ces équipements sont coûteux et souvent inaccessibles aux PME sans soutien.

Traçabilité numérique. La gestion des numéros de série, des configurations, de la provenance des composants et de l'historique de production est une exigence croissante des donneurs d'ordres en aérospatiale et en défense (AS9100, ITAR, Programme des marchandises contrôlées). Sans infrastructure de traçabilité, les PME québécoises ne peuvent accéder aux contrats structurants.

Intégration MES/ERP orientée production. Les systèmes de gestion de la production (Manufacturing Execution Systems) et les progiciels de gestion intégrée doivent être déployés comme des outils de productivité, et non comme des projets informatiques isolés.

Capacités de production électronique. L'assemblage de cartes électroniques, la fabrication de harnais, l'intégration de sous-systèmes et la validation CEM/EMI sont des maillons critiques de la chaîne de valeur des systèmes autonomes. Le Québec doit renforcer ces capacités locales pour réduire sa dépendance aux fournisseurs étrangers.

L'OTAN met clairement l'accent sur la nécessité d'augmenter la visibilité des capacités industrielles, d'identifier des mesures pour une industrie plus productive et de renforcer la capacité à livrer les capacités critiques requises [60].

Positionnement recommandé : le Fonds doit être conçu comme un instrument de productivité et de souveraineté industrielle, avec des critères d'admissibilité qui excluent explicitement les projets « vitrine » sans trajectoire de série - c'est-à-dire les projets dépourvus de plan d'industrialisation, de coût-cible, de stratégie qualité ou de client identifié.

4.4 Sécurisation des chaînes d'approvisionnement : « conçu et produit au Québec »

Les systèmes autonomes et les télécommunications critiques reposent sur des composants sensibles : microélectronique, capteurs, calculateurs embarqués, modules de communication. La résilience exige une capacité locale d'intégration, de tests, de qualification et de substitution, même si certains composants de base restent importés. Cette logique est au cœur de la posture alliée : l'OTAN insiste sur l'expansion de la capacité industrielle et sur la résilience afin de livrer des capacités critiques de manière urgente [61].

Le cadre fédéral s'aligne sur cette orientation. Un communiqué du Conseil national de recherches du Canada indique qu'à partir du Budget 2025, le Canada alloue 6,6 G\$ sur 5 ans (base de caisse) à compter de 2025–2026 dans le cadre d'une stratégie industrielle de défense à venir, incluant le renforcement des chaînes d'approvisionnement domestiques et l'amélioration de l'accès au financement pour les PME [67]. Le même communiqué rapporte qu'en 2024–2025, le programme CNRC-PARI a fourni services, conseils et financement à plus de 9 100 PME innovantes, par l'entremise d'un réseau de plus de 250 conseillers [67].

Implication pour le Budget 2026–2027 : le Québec doit arrimer son Fonds d'industrialisation intelligente à cette dynamique fédérale, mais avec une focalisation propre et complémentaire : systèmes autonomes, télécommunications critiques, électronique embarquée et simulation/validation. L'objectif est de s'assurer que les actifs stratégiques - procédés, systèmes qualité, outillage, propriété intellectuelle - demeurent localisés au Québec. Investissement Québec, qui administre déjà le programme ESSOR et le Fonds Impulsion, constitue le véhicule institutionnel naturel pour déployer cet instrument, en collaboration avec le MEIE.

4.5 Gouvernance, critères d'éligibilité et métriques de performance

Le Fonds doit être structuré selon une logique « anti-prototype piège » : chaque dollar investi doit être orienté vers une trajectoire de production série, avec des critères d'éligibilité et des indicateurs de performance qui distinguent explicitement l'industrialisation de la R-D.

Critères d'éligibilité recommandés

Plan d'industrialisation détaillé : cadence cible, coût unitaire cible, stratégie d'assurance qualité, stratégie d'approvisionnement et plan de montée en cadence.

Évidence de traction : clients pilotes identifiés, lettres d'intention (LOI), consortium structuré, ou intégration à une mission pilote gouvernementale (lien direct avec la Recommandation 1, Section 3).

Architecture produit modulaire : feuille de route produit démontrant la capacité d'évolution et de déclinaison en variantes sans refonte majeure.

Conformité et cybersécurité : plan de gestion des vulnérabilités, stratégie de mise à jour sécurisée, conformité aux cadres applicables (Centre canadien pour la cybersécurité, Loi 25).

Part mesurable de valeur ajoutée au Québec : intégration, tests, production, logiciel et support réalisés sur le territoire québécois, avec engagement contractuel de maintien.

Indicateurs de performance (KPI)

Indicateurs de cadence et de qualité : - Montée en cadence (unités/mois) et délai d'industrialisation - Coût unitaire atteint vs coût-cible - Taux de défaut et taux de disponibilité / MTBF (le cas échéant)

Indicateurs de résilience : - Part de composants substituables (résilience de la chaîne d'approvisionnement) - Niveau de dépendance à des fournisseurs uniques critiques

Indicateurs économiques : - Emplois qualifiés créés (production + ingénierie manufacturière) - Volume de ventes et d'exportations post-industrialisation - Effet de levier sur le financement privé

Positionnement par rapport aux instruments existants

Le Québec dispose déjà d'outils de financement orientés productivité - le programme ESSOR, administré par Investissement Québec [62] - et d'outils de capital-risque - le Fonds Impulsion, annoncé à 200 M\$ pour les jeunes entreprises technologiques et géré par Investissement Québec [68]. **Le Fonds proposé ici se distingue clairement de ces instruments :** il est explicitement dédié à l'industrialisation intelligente de systèmes critiques - le segment précis où le marché privé sous-finance systématiquement la montée en production, les outillages, la qualification et la capacité de livraison. Il ne s'agit pas de capital-risque, ni de subvention à la R-D, mais d'un investissement structurant dans la capacité manufacturière souveraine du Québec.

5. Troisième priorité : Accélération des capacités matérielles stratégiques

(Intelligence embarquée, cartes et boîtiers durcis, intégration électronique, capacités de test et qualification, souveraineté de calcul - enveloppe estimée : 20 M\$ sur 3 ans)

5.1 Pourquoi le matériel « edge » devient stratégique

L'autonomie moderne dépend de la capacité à traiter, décider et agir localement en temps réel, y compris en contexte de connectivité intermittente ou dégradée.

Concrètement, cela exige des modules de calcul embarqués (CPU/GPU/FPGA), des cartes électroniques durcies, des solutions d'alimentation et de gestion thermique adaptées, ainsi qu'une intégration sécurisée (démarrage sécurisé, chiffrement matériel, partitionnement fonctionnel) [69]. Cette dépendance au matériel critique place la microélectronique et l'intégration avancée au cœur de la souveraineté technologique - au même titre que le logiciel et l'intelligence artificielle.

Le gouvernement du Canada identifie explicitement cet enjeu : le développement de l'industrie canadienne des semi-conducteurs est présenté comme un levier pour sécuriser les chaînes d'approvisionnement, renforcer la R-D et développer des capacités de fabrication spécialisées, notamment en semi-conducteurs composés et en packaging avancé [70]. Sur le volet de la souveraineté de calcul, le Canada a publié une Stratégie canadienne de calcul souverain en IA, considérant l'accès à des infrastructures de calcul abordables et de pointe comme une condition essentielle pour soutenir l'innovation et l'industrie [71]. Le gouvernement a alloué 2 G\$ (Budget 2024) à cette stratégie [72].

Conséquence budgétaire pour le Québec : si la province veut industrialiser l'autonomie (aérienne, terrestre, maritime) en environnements critiques, elle doit soutenir non seulement les logiciels et les algorithmes, mais aussi la capacité locale d'intégration matérielle et de qualification - électronique embarquée, packaging, essais et conformité. Faute de quoi, la chaîne de valeur des systèmes autonomes québécois restera structurellement dépendante de fournisseurs étrangers pour ses composants les plus sensibles.

5.2 Un atout existant : le packaging avancé et le corridor microélectronique de Bromont

Le Québec héberge une capacité industrielle rare en Amérique du Nord en matière de packaging avancé de semi-conducteurs. Le site d'IBM à Bromont est décrit dans les communications officielles comme une installation majeure en assemblage, test et packaging de puces [73]. En avril 2024, un financement fédéral de 59,9 M\$ a été confirmé pour soutenir l'augmentation de capacité de packaging à Bromont, combiné à

un appui du Québec de 38,9 M, *pour un total de 98,8 M* de financement public annoncé [74][75].

Au-delà de ce premier jalon, des sources publiques rapportent un financement additionnel significatif du gouvernement fédéral via le Fonds stratégique pour l'innovation : une nouvelle contribution de 210 M\$ a été annoncée pour l'expansion du site [76]. IBM Research souligne l'objectif de renforcer la chaîne d'approvisionnement nord-américaine en puces par l'expansion des capacités d'assemblage, de test et de packaging à Bromont [77].

Cet investissement s'inscrit dans un écosystème québécois plus large : le Centre de collaboration MiQro Innovation (C2MI), co-localisé à Bromont, offre des capacités de recherche appliquée en microélectronique, en packaging avancé et en caractérisation. Polytechnique Montréal, l'Université de Sherbrooke et l'ÉTS disposent de laboratoires de recherche en microélectronique et en systèmes embarqués directement connectés à cet écosystème industriel.

Implication budgétaire : la politique industrielle québécoise peut s'appuyer sur ce noyau existant - packaging avancé (IBM Bromont), recherche appliquée (C2MI/MiQro), expertise universitaire - pour créer un avantage compétitif dans les modules intelligents embarqués : cartes électroniques durcies, capteurs intelligents, packaging durci, intégration système. Ces capacités sont directement applicables à l'autonomie et aux télécommunications critiques, les deux piliers industriels de ce mémoire.

5.3 Accélérer l'écosystème « conception → prototype → qualification → industrialisation »

La capacité matérielle ne se limite pas à une usine : elle dépend d'un écosystème complet allant de la conception à la commercialisation. Le gouvernement du Canada a annoncé un investissement de 120 M\$ sur cinq ans pour permettre à CMC Microsystems d'étendre un réseau pancanadien visant à soutenir la conception, la fabrication et la commercialisation de semi-conducteurs et de capteurs intelligents - l'initiative FABrIC [78]. CMC Microsystems confirme cet investissement et l'objectif de bâtir une capacité nationale structurée autour de la fabrication avancée et de la commercialisation [79].

Pour le Québec, l'opportunité est d'inscrire ces capacités fédérales dans un objectif opérationnel provincial clair : produire localement des modules embarqués qualifiés pour l'autonomie - capteurs, compute, communications, alimentation - avec des exigences de fiabilité et de cybersécurité compatibles avec les environnements critiques identifiés à la Section 3 (Saint-Laurent, feux de forêt, SAR, sécurité publique).

Exigence de crédibilité industrielle : sans capacité de test et de qualification (compatibilité électromagnétique CEM/EMI, essais thermiques, vibrations, fiabilité, sécurité), les systèmes resteront des démonstrateurs non déployables. Le Fonds proposé doit donc financer les équipements qui transforment un prototype en produit qualifié :

Bancs d'essais et chambres environnementales. Équipements de test CEM/EMI, chambres climatiques, tables de vibration - les investissements nécessaires pour qualifier des modules électroniques aux normes aérospatiales et de défense (DO-160, MIL-STD-810, MIL-STD-461).

Test automatisé et traçabilité. Systèmes de test fonctionnel automatisé, inspection optique automatisée (AOI), test in-circuit (ICT) - les outils qui garantissent la reproductibilité et la traçabilité requises pour la production série.

Procédés d'assurance qualité. Mise en place de systèmes qualité conformes aux exigences des donneurs d'ordres (AS9100, IPC-A-610, J-STD-001) - condition d'accès aux contrats aérospatiaux et de défense.

5.4 Gouvernance technique : sécurité, cybersécurité et IA responsable intégrées dès la conception

Dans les environnements critiques, l'IA responsable et la cybersécurité ne peuvent pas être des annexes documentaires. Elles doivent être intégrées à l'architecture (matériel + logiciel + télécommunications) et démontrées par des preuves vérifiables : traçabilité des décisions, tests de robustesse, gestion des risques et auditabilité.

Le NIST AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0) fournit le cadre de référence reconnu pour organiser la gouvernance des risques des systèmes d'IA - fiabilité, sécurité, robustesse, transparence et gestion des impacts [80]. Sur le volet cybersécurité organisationnelle, la norme ISO/IEC 27001 demeure la référence internationale la plus utilisée pour structurer un système de management de la sécurité de l'information [81]. Pour des technologies duales déployées en contexte sensible, l'alignement à ces cadres facilite la crédibilité auprès des donneurs d'ordres gouvernementaux et des partenaires internationaux, et constitue un prérequis pour l'exportation vers les marchés alliés.

Implication budgétaire : le Québec devrait conditionner l'accès aux fonds d'accélération matérielle à un socle minimal d'exigences de sécurité - gestion des risques IA, durcissement matériel, mise à jour sécurisée, traçabilité - afin d'éviter l'industrialisation de systèmes vulnérables et de garantir que les investissements publics produisent des actifs exportables et certifiables.

5.5 Edge AI et télécommunications résilientes : un couple indissociable pour la résilience publique

Les infrastructures critiques exigent des réponses en temps réel et une continuité de service, y compris dans des scénarios de perturbation des réseaux de communication. Des analyses récentes démontrent que l'edge AI - le traitement en périphérie - peut renforcer significativement la résilience en réduisant la latence, en limitant la dépendance aux centres de données distants et en améliorant la confidentialité des données sensibles [82]. Le World Economic Forum souligne que l'IA en périphérie ne fonctionne pas sans fondations numériques robustes : connectivité résiliente, cybersécurité intégrée et architecture d'intégration cohérente [83].

Pour le Québec, cette convergence edge AI + télécommunications résilientes est directement applicable aux besoins opérationnels identifiés dans les missions pilotes (Section 3) : surveillance autonome du Saint-Laurent en cas de perturbation réseau, détection de feux de forêt en zones sans couverture cellulaire, opérations SAR en environnement nordique isolé, et inspection d'infrastructures critiques d'Hydro-Québec en zones éloignées.

Dans une perspective d'industrialisation, cela signifie que les investissements matériels soutenus par le Fonds doivent couvrir l'ensemble du couple edge-télécom :

Modules de calcul embarqués qualifiés. Unités de traitement capables d'exécuter des algorithmes d'IA en temps réel, qualifiées pour les conditions environnementales ciblées (température, humidité, vibrations).

Communications résilientes. Réseaux privés, maillés et multi-bandes capables de maintenir la connectivité en environnement dégradé - incluant les liaisons de données pour systèmes autonomes en opération BVLOS.

Intégration sécurisée. Architecture matérielle-logicielle intégrant le chiffrement, le démarrage sécurisé et le partitionnement fonctionnel dès la conception, et non en surcouche.

Capacité de mise à jour et de maintenance en conditions réelles. Pipelines de déploiement logiciel sécurisés permettant l'évolution continue des systèmes après mise en service, sans rappel physique systématique.

5.6 Critères d'éligibilité et indicateurs de performance

Pour assurer la cohérence avec les Sections 3 et 4, le Fonds d'accélération des capacités matérielles devrait appliquer des critères d'éligibilité et des indicateurs adaptés à la spécificité des investissements matériels.

Critères d'éligibilité

- **Lien démontré avec un cas d'usage critique** identifié dans le programme de missions pilotes (Section 3) ou avec un projet d'industrialisation soutenu par le Fonds d'industrialisation intelligente (Section 4)
- **Plan de qualification** : identification des normes ciblées (DO-160, MIL-STD, AS9100, IPC), calendrier de qualification, identification des laboratoires de test
- **Conformité sécurité et cybersécurité** : alignement NIST AI RMF [80] et/ou ISO 27001 [81], plan de durcissement matériel
- **Part de valeur ajoutée québécoise** dans la conception, l'intégration, le test et la qualification

Indicateurs de performance

- Nombre de modules ou sous-systèmes ayant atteint la qualification complète
 - Délai de qualification (conception → module qualifié)
 - Réduction de la dépendance à des fournisseurs uniques critiques pour les composants stratégiques
 - Nombre de PME québécoises ayant accédé à des capacités de test/qualification grâce au Fonds
 - Contrats ou mandats décrochés grâce à la qualification obtenue
-

6. Quatrième priorité : Mécanisme de capital patient et de rétention des PME stratégiques

(Enveloppe estimée : 40 M\$ en capitalisation initiale, déployée via Investissement Québec ou un véhicule dédié)

6.1 Pourquoi un mécanisme dédié : le risque systémique de « fuite » au moment du passage à l'échelle

Le Québec dispose d'un vivier de PME technologiques capables d'innover en autonomie, en télécommunications et en systèmes critiques. Le point de rupture intervient généralement au moment du passage à l'échelle : industrialisation, certification, constitution d'inventaires, sécurisation de la chaîne d'approvisionnement, mise en place de processus qualité et déploiement multi-sites - autant d'efforts capital-intensifs avec des cycles longs, mal couverts par le capital-risque traditionnel (qui exige des rendements rapides) et souvent trop risqués pour la dette bancaire classique [84][85].

Ce risque est amplifié par le contexte macroéconomique actuel. La Banque du Canada rapporte que l'incertitude et la détérioration des conditions d'affaires ont pesé sur les intentions d'investissement de nombreuses entreprises, particulièrement en contexte de choc commercial et d'incertitude accrue [86]. Lorsque l'investissement est repoussé, les PME stratégiques qui ont besoin de capital de croissance se tournent plus rapidement vers des acquéreurs ou investisseurs étrangers capables d'offrir des tickets plus importants et un accès direct à de grands marchés - avec pour conséquence la perte de sièges sociaux, de propriété intellectuelle et de capacité décisionnelle au Québec [86].

Enjeu de politique publique : sans un instrument provincial explicite de capital patient assorti de clauses de rétention, les entreprises qui ont franchi la preuve de concept (TRL élevé) mais qui n'ont pas encore atteint la production série deviennent structurellement vulnérables à la délocalisation ou à l'acquisition étrangère - précisément au moment où l'investissement public en R-D commence à porter ses fruits.

6.2 Définition opérationnelle : capital patient ≠ subvention

Le capital patient vise à financer la croissance sans exiger un remboursement rapide du principal, afin de permettre la montée en puissance industrielle sur des cycles longs (3 à 7 ans pour l'industrialisation de systèmes critiques). Il ne s'agit ni d'une subvention, ni d'un don, mais d'un instrument financier structuré avec des conditions de rendement adaptées au cycle réel de l'industrialisation.

Des instruments québécois existants illustrent déjà ce concept. La documentation sur le capital patient (quasi-équité) décrit des prêts sans exigence de remboursement du

capital sur des horizons pouvant atteindre 15 ans, avec possibilité de remboursement anticipé [87]. Un exemple concret au Québec : le prêt de capital patient lié à la Fiducie du Chantier (via le RISQ) offre des enveloppes typiques entre 50 000 \$ et 2,5 M\$, avec absence d'exigence de remboursement du capital avant 15 ans selon les conditions publiées [88].

Point de conception essentiel : l'objectif du mécanisme proposé n'est pas d'augmenter la dépendance à l'aide publique, mais de combler le « equity gap » documenté entre la R-D/prototype et la production série, en sécurisant une trajectoire de croissance sans perte d'actifs stratégiques. Le capital public patient doit servir de catalyseur pour attirer le capital privé - et non s'y substituer.

6.3 Architecture recommandée : un mécanisme en deux volets, avec déclencheurs mesurables

Le mécanisme proposé se structure en deux volets complémentaires, chacun répondant à un besoin distinct du cycle d'industrialisation.

Volet A - « Bridge industriel » (12–24 mois)

Financement rapide et ciblé pour franchir les étapes critiques de pré-production :

Outils et première série. Acquisition d'outillage de production, bancs de test, équipements de certification, systèmes qualité et constitution d'inventaires critiques - les investissements qui transforment un atelier de prototypage en capacité de production.

Sécurisation de l'approvisionnement. Pré-achat de composants rares ou à délais longs, qualification de fournisseurs alternatifs, constitution de stocks stratégiques - la résilience de la chaîne d'approvisionnement se construit avant la montée en cadence, pas pendant.

Intégration sécurité. Durcissement CEM/EMI, intégration cyber, mise à jour sécurisée, tests de fiabilité - les exigences de conformité qui conditionneront l'accès aux contrats gouvernementaux et aux marchés alliés.

Mécanisme de décaissement : tranches conditionnées à des jalons mesurables - contrat pilote gouvernemental signé, certification obtenue, capacité de production démontrée (unités/mois), succès d'essais opérationnels. Cette logique de décaissement par jalons est cohérente avec l'approche « demande → capacité » mise en avant au niveau allié, où les signaux de demande et les mécanismes coordonnés sont considérés comme des leviers clés pour augmenter la capacité de production [89].

Volet B - Capital de croissance structurant (24–60 mois)

Co-investissement Investissement Québec / capital privé pour soutenir le passage à l'échelle :

Participation minoritaire stratégique ou quasi-équité. Investissement en capital ou en instruments hybrides (débentures convertibles, quasi-équité), permettant à IQ de sécuriser une position dans l'entreprise sans en prendre le contrôle opérationnel - un modèle qu'IQ maîtrise déjà dans d'autres filières.

Clauses de rétention contractuelles. Maintien du siège social au Québec, conservation de la propriété intellectuelle stratégique sur le territoire, engagements de production et d'emplois clés - des conditions explicites intégrées aux termes d'investissement, et non des engagements moraux.

Priorisation des trajectoires d'exportation. Les entreprises démontrant une trajectoire d'accès aux marchés alliés (OTAN, Five Eyes, marchés publics internationaux) devraient être priorisées, car ce sont celles dont la valeur stratégique est la plus élevée - et donc celles qui sont les plus susceptibles d'être ciblées par des acquéreurs étrangers.

Principe directeur : le capital public doit dé-risquer et attirer des capitaux privés plutôt que remplacer le marché. L'effet de levier visé devrait être d'au moins 2:1 (capital privé : capital public).

6.4 Arrimage avec les instruments existants : éviter le dédoublement, maximiser l'effet de levier

Le Québec a déjà fait évoluer ses outils financiers vers le capital de risque technologique. Le Fonds Impulsion, structuré comme fonds de capital de risque et annoncé à 200 M lié à la SQRI2, tel qu'annoncé dans le Plan budgétaire 2025–2026 [91].

Au niveau fédéral, les données de Statistique Canada confirment l'importance systémique des PME pour l'économie : elles représentaient 53,8 % de l'emploi total au Canada et employaient près de 9,5 millions de personnes en 2023 [92]. L'enjeu de la rétention des PME stratégiques n'est donc pas marginal - il est structurel. Les données sur les conditions de crédit révèlent par ailleurs des signaux de tension : une synthèse d'ISED sur les tendances de financement indique qu'en 2024, environ 9 % des petites entreprises ont demandé un financement par dette, et que la part citant le « coût du financement trop élevé » comme obstacle a fortement augmenté [93].

Conclusion d'arrimage : le mécanisme proposé ne doit dupliquer ni le capital-risque (Fonds Impulsion, qui cible les phases précoces), ni la dette bancaire garantie, ni les subventions à la R-D. Il doit financer le segment le plus critique et le plus sous-financé

pour les technologies duales : **le passage de l'innovation à la production série, assorti de mécanismes explicites de rétention des actifs stratégiques au Québec.** C'est un segment que le marché privé, laissé à lui-même, ne couvre pas adéquatement - et dont la carence produit des pertes de souveraineté irréversibles.

6.5 Critères d'éligibilité : cibler les PME stratégiques, éviter l'effet d'aubaine

Le mécanisme doit être strictement orienté vers les PME qui répondent à un ensemble de critères objectivables, fondés sur des données vérifiables.

Secteur critique. L'entreprise opère dans l'un des secteurs ciblés par ce mémoire : systèmes autonomes, télécommunications résilientes, systèmes embarqués, robotique, microélectronique, simulation et IA embarquée.

Évidence de traction. L'entreprise démontre une traction commerciale ou institutionnelle : client pilote, lettre d'intention (LOI), intégration à un consortium, participation à une mission pilote gouvernementale (lien avec la Section 3), ou contrat en cours avec un donneur d'ordres reconnu.

Actifs différenciants. L'entreprise détient ou développe des actifs de propriété intellectuelle, un savoir-faire d'intégration ou une chaîne d'essais/qualification qui lui confèrent un avantage compétitif défendable. Un profil fédéral des PME innovatrices (fondé sur l'enquête de Statistique Canada) indique que 31 % des PME innovatrices détenaient au moins un type de propriété intellectuelle, 24 % étaient exportatrices et 18 % participaient à des activités commerciales internationales [94]. Ces données permettent de construire des seuils d'éligibilité objectivables.

Engagement de rétention. L'entreprise s'engage contractuellement au maintien de son siège social, de sa propriété intellectuelle et de ses emplois stratégiques au Québec pour une durée minimale alignée sur l'horizon du financement.

6.6 Indicateurs de performance (KPI)

Les indicateurs doivent couvrir les trois objectifs du mécanisme : retenir, industrialiser, exporter.

Indicateurs de rétention : - Siège social, IP et emplois clés maintenus au Québec sur la durée de l'engagement [95] - Nombre d'entreprises ayant évité une acquisition étrangère ou une délocalisation grâce au mécanisme

Indicateurs d'industrialisation : - Montée en cadence (unités/mois), taux de défaut, coût unitaire atteint - Délai entre le financement et l'atteinte de la capacité de production cible

Indicateurs de résilience : - Niveau de substitution des fournisseurs critiques - Qualification de fournisseurs alternatifs réalisée

Indicateurs d'effet de levier : - Ratio capital privé mobilisé / capital public investi (cible : $\geq 2:1$) - Nombre de rondes de financement privé subséquentes déclenchées

Indicateurs d'exportation : - Ventes à l'international générées post-industrialisation - Intégration dans des chaînes d'approvisionnement alliées (OTAN, Five Eyes)

La Banque du Canada souligne que l'incertitude et les chocs externes pèsent durablement sur l'investissement [86]. Dans ce contexte, un mécanisme de capital patient qui stabilise le financement de l'industrialisation réduit le risque macroéconomique de décrochage industriel dans les filières stratégiques du Québec - un argument directement pertinent pour le ministère des Finances.

7. Cinquième priorité : Pacte Québec–Universités–PME pour l’industrialisation, la propriété intellectuelle et les talents

(Formation, intégration des étudiants, co-développement, souveraineté de l’IP et trajectoire « laboratoire → production » - enveloppe estimée : 15 M\$ sur 3 ans, en cohérence avec les mandats du FRQNT, de MITACS et du CRIAQ)

7.1 Diagnostic : le « triangle manquant » (talents – IP – industrialisation)

Le Québec possède des atouts rares : expertise aérospatiale structurée, excellence en IA, capacités en microélectronique et en packaging avancé. Le risque systémique, en revanche, est bien documenté : la valeur créée par la recherche - propriété intellectuelle, méthodes, logiciels, données, prototypes - n’est pas systématiquement convertie en actifs industrialisables détenus au Québec (procédés, systèmes qualité, modules qualifiés, chaînes d’approvisionnement, documentation de certification), ni protégée dans des conditions compatibles avec l’exportation, la défense et les environnements critiques.

Deux tendances rendent cette question budgétaire urgente :

1. Compétition mondiale pour le calcul, les talents et la chaîne de valeur IA.

Le Canada a explicitement positionné l’accès au calcul comme un élément stratégique via sa Stratégie canadienne de calcul souverain en IA, annoncée à 2 G\$ sur cinq ans (Budget 2024) [96]. Ce positionnement confirme que la souveraineté ne porte plus uniquement sur la R-D fondamentale, mais sur l’infrastructure, les talents et l’industrialisation. Les pays concurrents - États-Unis, Royaume-Uni, France, Australie - investissent massivement pour retenir leurs chercheurs et transformer leurs résultats de recherche en capacités industrielles nationales.

2. Retour d’une logique d’économie de défense et de résilience industrielle.

L’OTAN a formalisé des engagements pour accélérer la capacité industrielle et la production à l’échelle alliée, par un engagement de capacité industrielle puis un plan d’action de production mis à jour [97][98]. Cette dynamique favorise les juridictions capables de livrer rapidement des capacités duales robustes, certifiables et exportables - ce qui exige une intégration étroite entre la recherche, la formation et la production.

Implication pour le Québec : une politique « universités–PME » efficace doit cesser d’être uniquement un mécanisme de recherche; elle doit devenir un mécanisme d’industrialisation (TRL élevé) avec protection structurée de la propriété intellectuelle. C’est le chaînon manquant entre l’excellence académique du Québec et sa compétitivité industrielle.

7.2 Objectif budgétaire : créer un « corridor » de transfert industriel

Le Pacte proposé se distingue du transfert technologique traditionnel par sa finalité : **industrialiser des systèmes critiques** (autonomie, télécommunications résilientes, électronique embarquée, simulation) en assurant trois conditions simultanées :

Rétention de l'IP. L'IP centrale et les briques technologiques différenciantes restent au Québec et au Canada - par des contrats, des licences structurées et des clauses de localisation, et non par de simples engagements moraux.

Progression vers des preuves industrielles. Les projets progressent vers des livrables d'industrialisation - qualification, tests, assurance qualité, traçabilité, conformité cybersécurité - et non uniquement vers des publications académiques ou des rapports de recherche.

Pipeline de talents « prêts production ». Les étudiants sont intégrés de manière structurée aux projets industriels (stages longs, alternance, co-développement), créant un flux de diplômés formés aux exigences de la production, de la certification et de la conformité - et non uniquement aux méthodologies de recherche.

Ce type de pacte s'aligne sur les recommandations internationales en matière d'achats publics et d'innovation, où la demande institutionnelle et les mécanismes d'appropriation industrielle sont reconnus comme des déterminants de mise à l'échelle [99].

7.3 Mécanisme proposé : trois instruments complémentaires

Instrument A - Chaires d'industrialisation critique (PME-pilotées, universités partenaires)

Créer des chaires ou des consortiums de recherche industrielle où **la PME est le leader** (et non un simple « partenaire industriel » bénéficiaire) et où la finalité est contractualisée en termes d'industrialisation :

Architecture produit et conception orientée production. Modularité, interchangeabilité des sous-systèmes, *design-to-manufacture* - les livrables de recherche doivent intégrer les contraintes de production dès la conception.

Qualification et validation. CEM/EMI, essais thermiques, vibrations, bancs d'essai HIL/SIL - les chaires doivent produire des dossiers de qualification, et non uniquement des articles scientifiques.

Cybersécurité intégrée. Sécurité *by design*, mise à jour sécurisée, gestion des vulnérabilités - les cadres de cybersécurité doivent être intégrés aux livrables de recherche, et non ajoutés en aval.

Documentation compatible avec la certification et les appels d’offres. Les formats de documentation doivent être directement utilisables dans les processus de certification (DO-178C, AS9100) et dans les réponses aux appels d’offres gouvernementaux et internationaux.

Critère clé : chaque chaire doit produire un *paquet d’actifs industrialisables* - dossiers de qualification, modules testés, documentation de certification - et non uniquement des publications. Ce modèle existe déjà dans les programmes de subventions Alliance du CRSNG, mais doit être renforcé et orienté spécifiquement vers les secteurs critiques ciblés par ce mémoire.

Instrument B - Contrats-types « IP et souveraineté »

Mettre en place des contrats-types obligatoires pour les projets financés par le Pacte, imposant :

Clauses de propriété et d’usage de l’IP. Définition explicite de la propriété de l’IP générée, avec préférence pour l’attribution à la PME québécoise (qui industrialise) plutôt qu’à l’université (qui publie).

Règles de publication différée. Pour les projets touchant des environnements critiques ou des technologies duales, possibilité de différer la publication scientifique jusqu’à la sécurisation de la protection (brevets, secrets commerciaux).

Exigences de gestion des vulnérabilités et du code. Conformité aux cadres reconnus : NIST AI RMF pour la gouvernance des risques IA [100], ISO/IEC 27001 pour la sécurité de l’information [101], et ISO/IEC 30141 (version 2024) pour l’architecture de référence des systèmes connectés [102].

Traçabilité des composants et des données. Exigences de traçabilité compatibles avec les normes d’exportation et les cadres de conformité alliés - un prérequis pour les marchés de défense et les programmes internationaux.

Instrument C - Filière « talents–production » (stages longs, co-encadrement, rétention)

Financer des cohortes d’étudiants intégrés aux programmes des PME québécoises dans les secteurs critiques, selon un modèle structuré :

Stages longs et alternance. Durées de 8 à 16 mois, intégrés au parcours académique, avec des objectifs de livrables industrialisables - et non des stages d’observation ou de recherche exploratoire. Le Québec dispose déjà d’une infrastructure pour ce type de programmes : MITACS finance annuellement des milliers de stages de recherche

industrielle au Canada, avec une concentration significative au Québec. Le FRQNT soutient des programmes de formation en milieu de pratique. Ces mécanismes existants doivent être mobilisés et orientés spécifiquement vers les filières critiques.

Co-encadrement université–PME. Chaque étudiant bénéficie d'un double encadrement : un superviseur académique et un responsable industriel au sein de la PME, garantissant l'alignement entre les objectifs de formation et les besoins de production.

Formation « sécurité + qualité + conformité ». Les étudiants intégrés au Pacte reçoivent une formation complémentaire aux exigences des environnements critiques : systèmes qualité (AS9100, ISO 9001), cybersécurité, gestion de configuration, documentation de certification - des compétences rarement enseignées dans les cursus académiques traditionnels mais essentielles à l'industrialisation.

Mécanisme de rétention. Embauche conditionnelle ou engagement de rétention au Québec pour une durée minimale post-diplomation, conditionné au soutien financier reçu - un modèle similaire aux bourses d'études avec engagement de service.

7.4 Rationalité économique : productivité, rétention et avantage compétitif

Du point de vue économique, l'intérêt public du Pacte n'est pas de « subventionner la recherche » - le Québec le fait déjà efficacement. L'intérêt est de **convertir la recherche en productivité, en capacité industrielle et en exportation.**

Le Québec reconnaît déjà l'enjeu de productivité dans ses instruments existants. Le cadre normatif ESSOR indique que la productivité québécoise était de 55,30 \$/h en 2023, contre 59,10 \$/h à l'échelle canadienne, et que l'investissement en machines, équipements et logiciels représentait 7,1 % du PIB [103]. Le Pacte proposé complète ESSOR en ciblant un levier différent : réduire les coûts de transfert industriel entre la recherche et la production, sécuriser l'IP à la source, et accélérer la disponibilité de talents formés aux exigences de l'industrialisation.

La structure économique canadienne repose massivement sur les PME : elles représentaient 53,8 % de l'emploi total et environ 9,5 millions d'emplois en 2023 [104]. Les instruments qui réduisent la fuite de PME stratégiques au moment du passage à l'échelle - en sécurisant à la fois l'IP, les talents et les capacités de production - ont un impact macroéconomique mesurable.

La dynamique du calcul et des semi-conducteurs confirme que les États structurent activement leur souveraineté technologique sur l'ensemble de la chaîne : le Canada soutient des initiatives industrielles telles que FABrIC, pilotée par CMC Microsystems, annoncée comme un projet sur cinq ans totalisant plus de 220 M\$ et appuyée par une

contribution fédérale de 120 M\$ [105]. Le Pacte Universités–PME proposé s’inscrit dans cette même logique de souveraineté - appliquée aux talents et à l’IP plutôt qu’aux infrastructures physiques.

7.5 Gouvernance et KPI : éviter la « recherche sans adoption »

Pour qu’un Pacte Universités–PME soit crédible dans un cadre prébudgétaire, il doit être piloté par des indicateurs simples, mesurables et directement liés à l’industrialisation.

Indicateurs d’industrialisation : - Niveau TRL/CRL (*Capability Readiness Level*) atteint en fin de projet - Nombre de modules ou sous-systèmes qualifiés - Taux de défaut et cadence de production atteints

Indicateurs d’IP et de rétention : - Pourcentage d’actifs (logiciels, modèles, designs, données) détenus ou licenciés au Québec - Respect des clauses de localisation (siège social, IP, production) - Nombre de brevets ou de demandes de protection déposés par les PME participantes

Indicateurs de talents : - Nombre d’étudiants intégrés en stages longs (≥ 8 mois) - Taux d’embauche post-stage dans les PME participantes - Certifications et compétences acquises (cybersécurité, qualité, conformité)

Indicateurs d’exportation et d’adoption : - Nombre de missions pilotes gouvernementales auxquelles les projets du Pacte sont intégrés (lien avec la Section 3) - Chiffre d’affaires à l’exportation généré - Partenariats alliés établis (OTAN, Five Eyes, programmes européens)

Principe directeur : aucun financement sans trajectoire d’adoption opérationnelle - c’est précisément la logique défendue par les approches internationales de *procurement for innovation* [99].

7.6 Conditions de mise en œuvre et recommandations de gouvernance

Pour maximiser l’efficacité du Pacte et garantir la cohérence avec les quatre autres recommandations de ce mémoire, les conditions de mise en œuvre suivantes sont recommandées :

Gouvernance interinstitutionnelle. Le Pacte devrait être co-piloté par le MEIE et le ministère de l’Enseignement supérieur, avec un comité consultatif incluant des représentants des PME participantes, des universités et des organismes de transfert (CRIAQ, CTA, réseau CCTT). Investissement Québec pourrait assurer le suivi financier.

Arrimage aux programmes existants. Le Pacte ne remplace pas les programmes du FRQNT, de MITACS ou du CRSNG Alliance - il les complète en ajoutant une couche d'exigences d'industrialisation et de protection de l'IP. Les projets financés par le Pacte devraient pouvoir bénéficier de co-financement avec ces programmes.

Définition fonctionnelle des secteurs ciblés. Les appels à projets du Pacte devraient être définis par des exigences fonctionnelles et systémiques - opérations multi-domaines en environnements dégradés, boucle fermée données-IA-simulation-edge avec traçabilité, résilience des télécommunications, industrialisation couplée à la simulation - plutôt que par des spécifications technologiques prescriptives. Cette approche garantit l'ouverture à l'innovation tout en ciblant les propositions de valeur réellement différenciantes et alignées sur les besoins identifiés dans ce mémoire.

Cohérence avec les Sections 3 à 6. Les projets du Pacte devraient être explicitement arrimés aux missions pilotes (Section 3), au Fonds d'industrialisation (Section 4) et aux capacités matérielles (Section 5), créant un continuum cohérent entre la formation, la recherche appliquée, l'industrialisation et le déploiement opérationnel.

8. Synthèse économique, impacts budgétaires et formulation décisionnelle des cinq priorités

(Section structurée pour une lecture directe par le ministère des Finances et le Conseil du trésor - orientation décisionnelle et mesurable)

8.1 Positionnement macroéconomique : pourquoi l'intervention est rationnelle

8.1.1 Base industrielle existante

Le Québec représente environ 61 % de l'emploi canadien en fabrication aérospatiale selon les données fédérales sectorielles [24][25]. La stratégie québécoise de l'aérospatiale *Horizon 2026* fournit les indicateurs de référence :

- Plus de 36 000 emplois directs
- 15,8 G\$ en ventes annuelles
- Environ 75 % des ventes destinées à l'exportation
- Environ 70 % des activités canadiennes de R-D aérospatiale concentrées au Québec [23]

Ces indicateurs démontrent une masse critique industrielle réelle, mesurable et déjà exportatrice - une base sur laquelle un investissement d'industrialisation produit des retombées rapides et vérifiables.

8.1.2 Productivité et besoin d'investissement

Le cadre normatif ESSOR 2025–2027 documente un écart de productivité structurel :

- Productivité du Québec en 2023 : **55,30 \$/heure**
- Ontario : 57,10 \$/heure
- Canada : 59,10 \$/heure
- Investissements en machines, équipements et logiciels : 7,1 % du PIB au Québec (vs 7,3 % en Ontario) [62]

Cet écart confirme que le Québec sous-investit en capacité manufacturière par rapport à ses concurrents directs. Un instrument budgétaire ciblé sur l'industrialisation - et non sur la R-D additionnelle - est donc économiquement fondé.

8.1.3 Importance systémique des PME

Les PME représentaient en 2023 : 53,8 % de l'emploi total au Canada, soit environ 9,5 millions d'emplois [92]. Parmi les PME innovantes : 31 % détiennent de la propriété intellectuelle, 24 % sont exportatrices, et 18 % participent à des activités commerciales internationales [94].

Le levier budgétaire doit cibler ces entreprises à fort effet multiplicateur - celles qui détiennent l'IP, exportent et créent des emplois qualifiés - en les accompagnant dans le passage à l'échelle où le risque de perte est maximal.

8.1.4 Environnement géopolitique et industriel

L'OTAN a adopté un *Industrial Capacity Expansion Pledge* (2024) [61] et un *Updated Defence Production Action Plan* (2025) [60]. L'Union européenne a adopté une *European Defence Industrial Strategy* (2024) avec un programme de financement de 1,5 Md€ visant la montée en cadence industrielle et la production de masse [63]. Le Canada a annoncé 6,6 G\$ sur 5 ans pour une stratégie industrielle de défense (Budget 2025) [67].

Dans ce contexte, la capacité industrielle souveraine devient un actif stratégique - non seulement sécuritaire, mais économique. Le Québec, avec sa base aérospatiale dominante, est la province canadienne la mieux positionnée pour capter les retombées de cette réindustrialisation alliée - à condition d'investir dans le passage à l'échelle.

8.2 Les cinq priorités budgétaires - formulation consolidée

Tableau synthèse décisionnel

#	Priorité	Enveloppe estimée	Horizon	Véhicule institutionnel	Section
1	Programme québécois de missions pilotes en environnements critiques	30 M\$	3 ans	MEIE (coordination interministérielle MSP, MTMD, MRNF)	Section 3
2	Fonds d'industrialisation intelligente	50 M\$	4 ans	Investissement Québec / MEIE	Section 4
3	Accélération des capacités matérielles stratégiques	20 M\$	3 ans	MEIE / IQ (en arrimage fédéral FABrIC, ISSED)	Section 5
4	Mécanisme de capital patient et de rétention	40 M\$	Capitalisation initiale	Investissement Québec (véhicule dédié ou existant)	Section 6
5	Pacte Universités–PME–IP	15 M\$	3 ans	MEIE / Min. Enseignement	Section 7

#	Priorité	Enveloppe estimée	Horizon	Véhicule institutionnel supérieur (FRQNT, MITACS, CRIAQ)	Section
	Total	155 M\$	3–4 ans		

Priorité 1 - Programme québécois de missions pilotes en environnements critiques (30 M\$ / 3 ans)

Objectif budgétaire : créer un fonds pluriannuel permettant au gouvernement du Québec d’agir comme premier utilisateur stratégique de technologies autonomes, à travers des missions pilotes ciblées (corridor du Saint-Laurent, feux de forêt, recherche et sauvetage, sécurité publique).

Rationalité économique : les feux de forêt de 2023 ont brûlé plus de 18 millions d’hectares au Canada - un record historique [41] - et les catastrophes climatiques entraînent des coûts économiques se chiffrant en milliards [42]. L’OCDE démontre que les marchés publics d’innovation sont parmi les leviers les plus efficaces d’industrialisation [36].

Effets attendus : validation opérationnelle en conditions réelles, crédibilité réglementaire et internationale accélérée, réduction des coûts d’intervention, accélération directe des exportations.

Priorité 2 - Fonds d’industrialisation intelligente (50 M\$ / 4 ans)

Objectif budgétaire : financer la montée en cadence manufacturière des PME stratégiques - outillage, systèmes qualité, bancs d’essai, production modulaire et traçabilité - en ciblant le segment précis entre le démonstrateur et la production série.

Rationalité économique : la productivité québécoise est inférieure à la moyenne canadienne de 3,80 \$/heure [62]. Les pressions internationales vers la production de masse de systèmes autonomes sont documentées tant par l’UE [63] que par les cadences observées en Ukraine [65][66]. L’OTAN appelle explicitement à accélérer la capacité de production [60].

Effets attendus : augmentation de la cadence de production (unités/mois), réduction des coûts unitaires, création d’emplois manufacturiers spécialisés, accès aux contrats alliés.

Priorité 3 - Accélération des capacités matérielles stratégiques (20 M\$ / 3 ans)

Objectif budgétaire : soutenir l'intégration électronique avancée, l'intelligence embarquée (edge AI), le packaging et la qualification matérielle sur le territoire québécois.

Contexte d'investissement : la Stratégie canadienne de calcul souverain en IA est dotée de 2 G\$ (Budget 2024) [72]. L'initiative FABrIC (CMC Microsystems) représente 120 M\$ sur 5 ans [78]. IBM Bromont a bénéficié d'investissements publics combinés de ~98,8 M\$ [74][75], puis d'un financement fédéral additionnel de 210 M\$ [76]. Ces investissements fédéraux créent un effet de levier que le Québec doit capter.

Effets attendus : souveraineté partielle sur les modules critiques, intégration locale accrue, résilience des chaînes d'approvisionnement, positionnement sur les marchés alliés.

Priorité 4 - Mécanisme de capital patient stratégique (40 M\$ en capitalisation initiale)

Objectif budgétaire : créer un véhicule financier complémentaire au Fonds Impulsion (200 M\$) [90][91], orienté spécifiquement vers l'industrialisation et la rétention des actifs stratégiques des PME québécoises.

Rationalité économique : les conditions d'investissement se sont détériorées (Banque du Canada, T1 2025) [86], et les tensions sur le financement des PME s'aggravent (ISED, 2024 : hausse du « coût du financement trop élevé ») [93]. Sans capital patient, les PME à TRL élevé sont structurellement vulnérables à l'acquisition étrangère au moment du passage à l'échelle.

Effets attendus : maintien des sièges sociaux et de l'IP au Québec, effet de levier sur le capital privé (cible $\geq 2:1$), préservation de la capacité décisionnelle et de production sur le territoire.

Priorité 5 - Pacte Universités–PME–IP (15 M\$ / 3 ans)

Objectif budgétaire : structurer le transfert industriel (et non uniquement technologique) entre les universités et les PME, en intégrant la protection de l'IP et la formation de talents « prêts production ».

Contexte : le Québec concentre plus de 1 200 chercheurs en IA (Mila) [26], 15 220 employés en jeu vidéo/simulation (ESAC/Nordicity) [29], et plus de 36 000 emplois aérospatiaux [23]. Cette masse critique de recherche et de talents doit être convertie en actifs industriels protégés.

Effets attendus : accélération vers les TRL élevés, pipeline de talents formés aux exigences de production et de certification, IP retenue au Québec par des mécanismes contractuels structurés.

8.3 Impact budgétaire attendu : logique de retour sur investissement

L'enveloppe totale proposée - **155 M\$ sur 3 à 4 ans** - représente un investissement structurant dont le rendement repose sur des mécanismes économiques documentés et mesurables :

Effet multiplicateur via l'exportation. 75 % des ventes aérospatiales québécoises sont déjà exportées [23]. Chaque dollar investi dans l'industrialisation d'une nouvelle génération de systèmes (autonomie, télécommunications, IA embarquée) génère des retombées amplifiées par l'accès aux marchés internationaux - particulièrement dans le contexte de réindustrialisation alliée documenté à la Section 1.

Réduction des pertes liées aux catastrophes. L'investissement dans les missions pilotes (Priorité 1) réduit les coûts d'intervention et les pertes économiques associées aux feux de forêt [41][42], aux défaillances d'infrastructures et aux délais d'intervention en recherche et sauvetage.

Augmentation de la productivité manufacturière. Le comblement de l'écart de productivité documenté par ESSOR (55,30 \$/h vs 59,10 \$/h) [62] se traduit directement en compétitivité des entreprises québécoises et en revenus fiscaux accrus.

Effet de levier sur le capital privé. Le capital patient (Priorité 4) et le Fonds d'industrialisation (Priorité 2) sont conçus comme des instruments de co-investissement, visant un ratio minimum de 2:1 (capital privé : capital public). Sur une enveloppe publique de 90 M\$ (Priorités 2 + 4), l'effet de levier ciblé représente 180 M\$ de capital privé mobilisé.

Rétention d'actifs stratégiques. Chaque PME stratégique retenue au Québec - au lieu d'être acquise ou délocalisée - représente un flux de revenus fiscaux, d'emplois qualifiés et de propriété intellectuelle conservé sur le territoire pour la durée de vie de l'entreprise.

Les modèles de l'OCDE démontrent que les investissements publics en innovation couplés à des mécanismes d'industrialisation et d'adoption institutionnelle ont des effets multiplicateurs significativement supérieurs aux subventions purement orientées R-D [36]. **C'est précisément cette logique « innovation → industrialisation → adoption → exportation » que les cinq priorités proposées mettent en œuvre.**

Comparaison d'échelle

L'enveloppe de 155 M\$ est proportionnée par rapport aux programmes existants et aux investissements fédéraux dans les mêmes filières :

Référence	Montant	Source
Espace Aéro (investissements annoncés)	415 M\$ (dont 85 M\$ Québec)	[20]
Fonds Impulsion	200 M\$	[90][91]
IBM Bromont (investissements publics combinés)	~309 M\$	[74][75][76]
FABrIC (CMC Microsystems)	120 M\$ fédéral	[78]
Stratégie industrielle de défense Canada	6,6 G\$ / 5 ans	[67]
EDIS (Union européenne)	1,5 Md€	[63]
Proposition du présent mémoire	155 M\$ / 3–4 ans	

L'enveloppe proposée est modeste par rapport à l'échelle des investissements alliés et fédéraux dans les mêmes filières, mais elle cible un segment critique que ni les programmes fédéraux ni les instruments existants ne couvrent adéquatement : **le passage de l'innovation québécoise à la production série souveraine.**

8.4 Message stratégique de clôture

Le Québec possède les fondations :

- La masse critique industrielle aérospatiale la plus concentrée au Canada
- La concentration de R-D en IA la plus importante au pays
- Les talents en simulation, 3D et calcul avancé
- Les infrastructures d'essai et les zones d'innovation
- Les capacités émergentes en microélectronique et en packaging avancé

Ce qui manque n'est pas l'innovation. Ce qui manque est la coordination budgétaire orientée vers l'industrialisation, la résilience et l'adoption publique.

Dans un contexte où les Alliés restructurent activement leur base industrielle [60][61][63][67], le Québec fait face à un choix structurant :

Soit rester un centre d'innovation qui exporte sa propriété intellectuelle et ses talents vers des juridictions qui industrialisent plus rapidement.

Soit devenir un acteur industriel souverain en systèmes autonomes critiques - captant la valeur économique sur son territoire, renforçant sa résilience et s'intégrant pleinement dans la réindustrialisation alliée.

Les cinq priorités proposées dans ce mémoire - pour un investissement total de 155 M\$ sur 3 à 4 ans - constituent le cadre budgétaire nécessaire pour que le Québec fasse le second choix.

Bibliographie consolidée

Sources institutionnelles et stratégiques (Section 1)

- [1] OTAN. *Defence Critical Supply Chain Security Roadmap*. 2024.
- [2] Gouvernement du Canada. *Stratégie canadienne sur les semi-conducteurs*. 2023.
- [3] OCDE. *Global Value Chains: Efficiency and Risks in the Context of Global Shocks*. 2021.
- [4] CEPA (Center for European Policy Analysis). *Lessons from Ukraine on Drone Warfare*. 2023.
- [5] Kofman, M. et Lee, R. « Not Built for Purpose: The Russian Military's Ill-Fated Force Design ». *War on the Rocks*, 2022.
- [6] RAND Corporation. *The Industrial Base and Future Military Competition*. 2022.
- [7] Atlantic Council. *A Global Strategy to Secure UAS Supply Chains*. 2023.
- [8] RAND Corporation. *Building a Resilient Defense Industrial Base*. 2023.
- [9] NATO Science & Technology Organization. *Autonomy in Military Systems*. STO Technical Report, 2021.
- [10] Commission européenne et OTAN. *Task Force on the Resilience of Critical Infrastructure*. 2023.
- [11] Union européenne. *Directive on the Resilience of Critical Entities (CER Directive)*. 2022.
- [12] Sécurité publique Canada. *Stratégie nationale pour les infrastructures essentielles*. Mise à jour 2023.
- [13] Ressources naturelles Canada. *Impacts économiques des feux de forêt au Canada*. 2023.
- [14] World Economic Forum. *Enhancing Infrastructure Resilience with Emerging Technologies*. 2022.
- [15] FAA (Federal Aviation Administration). *Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) Aviation Rulemaking Committee Report*. 2022.
- [16] Transports Canada. *Règlement sur les systèmes d'aéronefs télépilotes - Modifications BVLOS et RPAS de catégorie moyenne*. *Gazette du Canada*, Partie II, 26 mars 2025.
- [17] Aéro Montréal. *Portrait de l'industrie aérospatiale du Québec*. 2024.

[18] Investissement Québec. *Financement des entreprises technologiques - Enjeux et tendances*. 2023.

[19] Statistique Canada. *Croissance des entreprises technologiques et accès au capital*. 2023.

Écosystème québécois et atouts stratégiques (Section 2)

[20] Gouvernement du Québec / CNW. *Désignation de la zone d'innovation en aérospatiale (Espace Aéro) - investissements annoncés (415 M; 85M du gouvernement du Québec)*. 21 mai 2024.

[21] ADM (Aéroports de Montréal). *YMX Innovation Centre - intégration au pôle Mirabel d'Espace Aéro; écosystème industriel*.

[22] Aéro Montréal. *Rapport d'activité 2024*.

[23] Gouvernement du Québec (MEI/MEIE). *Stratégie québécoise de l'aérospatiale - Horizon 2026* (emplois supérieurs à 36 000; ventes d'environ 15,8 G\$; environ 75 % à l'exportation; environ 70 % de la R-D aérospatiale nationale).

[24] Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISED). *Rapport sur l'état de l'industrie aérospatiale canadienne* (répartition régionale de l'emploi, 2024 : Québec 61 % de la fabrication).

[25] U.S. International Trade Administration. *Canada - Aerospace and Defense* (géographie de l'emploi).

[26] Mila. *Core Expertise* - communauté de plus de 1 200 chercheurs.

[27] Gouvernement du Canada (ISED). *Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy* - financement fédéral de 40 M\$ (Budget 2021) sur cinq ans.

[28] Gouvernement du Canada. *Annonce « Canadian AI Advantage »* - investissement de 2,4 G\$.

[29] Entertainment Software Association of Canada (ESAC) / Nordicity. *Canada's Video Game Industry 2024* - Québec : 257 studios; 15 220 employés (2023–2024).

[30] Montréal International. *Greater Montréal, a World-Leading Video Game Hub*.

[31] Réseau CCTT. *CTA - Centre technologique en aérospatiale* (CCTT; affilié à l'ÉNA; actif depuis 1993).

[32] Aéro Montréal (communiqué). *RDV Réseau Mirabel* - événement AAM au YMX Innovation Centre; plus de 100 innovateurs; partenariat CRIAQ-ADM. Mai 2025.

[33] Gouvernement du Canada - Job Bank. *Sectoral Profile (Transportation Equipment Manufacturing, Québec)* - exportations : 9,1 % (2022) pour le sous-secteur aérospatial.

[34] Université Laval (salle de presse). *Lancement du cluster TamIA : 75 serveurs, 4 000 cœurs, 38 000 Go RAM*.

Missions pilotes et innovation publique (Section 3)

[35] Mazzucato, M. *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press, 2013 (éd. rév. 2018).

[36] OCDE. *Public Procurement for Innovation: Good Practices and Strategies*. Éditions OCDE, 2017.

[37] Gouvernement du Canada. *Solutions innovatrices Canada - Programme d'innovation*.

[38] Administration portuaire de Montréal. *Rapport annuel*.

[39] Transports Canada. *Systèmes de transport intelligents et corridors maritimes - Cadre stratégique*.

[40] Organisation maritime internationale (OMI). *Digitalization in Shipping - Maritime Safety Committee Reports*.

[41] Ressources naturelles Canada. *Bilan des feux de forêt 2023 - Superficie brûlée record (plus de 18 M ha)*.

[42] Institut canadien du climat. *Coûts économiques des catastrophes climatiques au Canada*. 2023.

[43] FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). *Use of Drones in Forestry and Fire Management*. 2022.

[44] EASA (Agence européenne de la sécurité aérienne). *Drones in Emergency Response Operations - Policy Framework*. 2023.

[45] Gouvernement du Canada. *Programme national de recherche et sauvetage (PNRS)*.

[46] Défense nationale Canada. *Search and Rescue Capability Review*.

[47] IEEE. « Applications of UAVs in Search and Rescue: A Survey ». *IEEE Access*, 2022.

[48] *Journal of Field Robotics*. « Multi-UAV Coordination for Search Missions in Complex Environments ». 2023.

[49] NATO STO (Science and Technology Organization). *Ground Robotics in Security Operations*. STO Technical Report, 2022.

[50] ISO. *Standards for Mobile Robots Safety* (ISO 13482, ISO 3691-4).

- [51] GRC (Gendarmerie royale du Canada). *Technologies spécialisées en intervention policière - Rapport d'utilisation*.
- [52] U.S. Department of Defense. *DDIL Operations Concept - Denied, Degraded, Intermittent, Limited Communications*. 2021.
- [53] World Economic Forum. *Edge Computing and Critical Infrastructure*. 2022.
- [54] ISO/IEC 30141. *Internet of Things (IoT) - Reference Architecture*. 2018.
- [55] Centre canadien pour la cybersécurité. *Directives de protection des infrastructures essentielles*. 2023.
- [56] NATO STO. *Digital Twin Applications in Defense Systems*. STO Technical Report, 2023.
- [57] Commission européenne. *Innovation Partnership Procurement Model - Directive 2014/24/EU Implementation Guide*.
- [58] Services publics et Approvisionnement Canada. *Approvisionnement en innovation - Guide des instruments contractuels*.
- [59] Banque mondiale. *Innovation Procurement and Economic Growth: Evidence from OECD Countries*. 2021.

Industrialisation et production (Section 4)

- [60] OTAN. *Updated Defence Production Action Plan*. 13 février 2025.
- [61] OTAN. *NATO Industrial Capacity Expansion Pledge*. 10 juillet 2024.
- [62] Gouvernement du Québec (MEIE). *Cadre normatif - Programme ESSOR 2025–2027* (productivité, investissements en pourcentage du PIB; gouvernance MEIE/IQ).
- [63] Commission européenne. *First-Ever European Defence Industrial Strategy (EDIS)* - objectifs 2030, programme EDI de 1,5 Md€. 5 mars 2024.
- [64] Comité économique et social européen / EUR-Lex. *Avis relatif à l'EDIS* - importance de la montée en capacité et de la production de masse de drones. Mars 2024.
- [65] Le Monde. « L'Ukraine, championne du drone low cost » - environ 1,5 M de drones produits en 2024; objectif de plus de 4 M en 2025. 23 juin 2025.
- [66] Business Insider. « Ukraine is Building Nearly 1,000 Specialized Drones a Day... » - environ 950 par jour; objectif d'environ 1 000 par jour. Décembre 2025.
- [67] Gouvernement du Canada / CNRC. *Communiqué* - 6,6 G\$ sur 5 ans (Budget 2025); plus de 9 100 PME soutenues; plus de 250 conseillers PARI. Janvier 2026.

[68] Gouvernement du Québec / Newswire. *Création du Fonds Impulsion* - fonds de 200 M\$, gestion IQ. Plan budgétaire 2025–2026.

Capacités matérielles et microélectronique (Section 5)

[69] ISED. *Embedded Systems and Edge Computing - Strategic Considerations for Critical Applications*. Cadre de référence.

[70] ISED. *Canadian Semiconductor Industry* (chaînes d’approvisionnement, R-D, packaging avancé).

[71] ISED. *Canadian Sovereign AI Compute Strategy*.

[72] Gouvernement du Canada (ISED). *Communiqué - Investissement dans la stratégie de calcul souverain en IA* - 2 G\$ du Budget 2024.

[73] Gouvernement du Canada (ISED). *Canada Invests in the Semiconductor Sector in Partnership with IBM Canada and C2MI*.

[74] CityNews. « Ottawa, Quebec Commit 100M for Semiconductor Capacity in Bromont » – 59,9M fédéraux. Avril 2024.

[75] Technum Québec. *Investment at IBM Bromont and MiQro Innovation Collaboration Center* - 59,9 M\$ fédéraux et 38,9 M\$ Québec (total 98,8 M\$).

[76] C2MI (note de synthèse citant *The Logic*). « Canada Plows Another \$210M into IBM’s Quebec Chip Plant ».

[77] IBM Research. *IBM, Canada, and Quebec Partner on Chips in North America*.

[78] Gouvernement du Canada (ISED). *Supporting Manufacturing and Commercialization of Semiconductors* - investissement 120 M\$ (CMC Microsystems / FABrIC).

[79] CMC Microsystems. *Major Government Investment... FABrIC Made Possible Thanks to \$120M over Five Years*.

[80] NIST. *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)*. 2023.

[81] ISO. *ISO/IEC 27001:2022 - Information Security Management Systems*.

[82] Article académique. « AI-Driven Resilience: Enhancing Critical Infrastructure with Edge Computing ».

[83] World Economic Forum. « Why Edge AI Is Now Crucial... » - résilience des infrastructures, fondations numériques.

Capital patient et rétention (Section 6)

[84] Investissement Québec. *Financement - Solutions et objectifs*.

[85] OCDE. *OECD SME and Entrepreneurship Outlook* - Analyse du « scale-up gap » et des instruments de financement de croissance. 2023.

[86] Banque du Canada. *Business Outlook Survey - T1 2025* : détérioration des conditions, incertitude, reports d'investissement.

[87] Fiducie du Chantier de l'économie sociale (FICES). « Qu'est-ce que le capital patient ? » - définition; horizon jusqu'à 15 ans.

[88] RISQ / Fiducie du Chantier. « Prêt capital patient - entre 50 000 \$ et 2,5 M\$ ».

[89] OTAN. *Updated Defence Production Action Plan*. 13 février 2025. (Identique à [60].)

[90] BetaKit. « Relance d'Impulsion en fonds VC de 200 M\$ ».

[91] Gouvernement du Québec. *Création du Fonds Impulsion* - structure, ajout de 50 M\$ (SQRI2). Plan budgétaire 2025–2026. (Identique à [68].)

[92] Statistique Canada. *Enquête sur le financement et la croissance des petites et moyennes entreprises (EFCPME) 2023* : PME = 53,8 % de l'emploi total; environ 9,5 M d'emplois.

[93] ISED. *Small Business Credit Condition Trends 2014–2024* : environ 9 % des petites entreprises ont demandé de la dette en 2024; hausse du « coût trop élevé ».

[94] ISED. *Coup d'œil sur les PME : entreprises innovatrices* - 31 % détiennent de l'IP; 24 % exportatrices; 18 % activités commerciales internationales (source : StatCan EFCPME 2023).

[95] Investissement Québec. *Mandat et objectifs généraux* - croissance, productivité, développement de marchés.

Universités, IP et talents (Section 7)

[96] ISED. *Canadian Sovereign AI Compute Strategy* - 2 G\$ sur cinq ans (Budget 2024). (Identique à [71]/[72].)

[97] OTAN. *NATO Industrial Capacity Expansion Pledge*. 10 juillet 2024. (Identique à [61].)

[98] OTAN. *Updated Defence Production Action Plan*. 13 février 2025. (Identique à [60].)

[99] OCDE. *Public Procurement for Innovation: Good Practices and Strategies*. 2017. (Identique à [36].)

[100] NIST. *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)*. 2023. (Identique à [80].)

[101] ISO. *ISO/IEC 27001:2022 - Information Security Management Systems*. (Identique à [81].)

[102] ISO/IEC. *ISO/IEC 30141:2024 - Internet of Things (IoT) - Reference Architecture*. Mise à jour 2024.

[103] Gouvernement du Québec (MEIE). *Cadre normatif - Programme ESSOR 2025–2027*. (Identique à [62].)

[104] Statistique Canada. *EFCPME 2023*. (Identique à [92].)

[105] CMC Microsystems / Gouvernement du Canada. *Initiative FABrIC* - projet de 220 M\$ sur 5 ans, contribution fédérale de 120 M\$. (Identique à [78]/[79].)

Humanitas Solutions Inc. - Montréal, Québec - Février 2026

Ce mémoire a été préparé dans le cadre des consultations prébudgétaires du gouvernement du Québec pour le Budget 2026–2027. Les données et analyses présentées reflètent l'état des connaissances au moment de la rédaction. L'entreprise demeure disponible pour toute présentation complémentaire auprès des instances concernées.