# Technologies à double usage : renforcer l'avantage de l'Ontario en matière de mobilité et de défense

Mise à profit de l'écosystème de la mobilité de l'Ontario, de sa capacité industrielle et de ses chaînes d'approvisionnement stratégiques

Rapport final

Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules

Octobre 2026

Centre d'innovation de l'Ontario

ROIV
AUTONOME • CONNECTÉ • ÉLECTRIQUE

Ontario

# Table des matières


1. Résumé....3
2. Le double usage et le nouveau contexte industriel....6
   2.1 Défense, sécurité économique et capacité industrielle souveraine....7
3. Technologies à double usage et potentiel de l'Ontario....15
   3.1 Technologies à double usage....16
   3.2 Applications à double usage dans les secteurs de l'automobile et de la mobilité....21
   3.3 Potentiel des technologies à double usage en Ontario....26
4. Facteurs de production stratégiques et chaînes d'approvisionnement fiables 29
   4.1 Les minéraux critiques comme intrants stratégiques....30
   4.2 Chaînes d'approvisionnement fiables, traçables et résilientes....35
5. Position stratégique de l'Ontario et état de préparation de son écosystème 38
   5.1 Capacité de l'Ontario et possibilités de double usage....39
   5.2 Atouts, lacunes et possibilités au sein de l'écosystème....41
   5.3 Rôle du ROIV dans la promotion des possibilités offertes dans l'écosystème ontarien de la mobilité à double usage....52
6. Possibilités pour l'Ontario....56
7. Glossaire....57
8. L'équipe du ROIV....59
9. Avis de non-responsabilité....60
10. Entretiens avec des experts....62
11. Références....63

# 1. Résumé

Les liens entre la compétitivité économique, la capacité industrielle et la sécurité nationale connaissent actuellement des changements importants. En effet, les technologies qui, à l'origine, se destinaient principalement aux marchés commerciaux sont de plus en plus souvent adaptées à des applications dans les domaines de la défense, de la sécurité, de la sécurité publique et des infrastructures critiques. Parallèlement, les gouvernements accordent une importance croissante aux capacités industrielles nationales, à la fiabilité des chaînes d'approvisionnement, à la résilience des infrastructures et à l'accès aux technologies stratégiques, alors que l'incertitude géopolitique, la concurrence technologique et les perturbations des chaînes d'approvisionnement redéfinissent les marchés mondiaux.

Cette convergence a élargi la portée des technologies à double usage qui peuvent servir à la fois à des fins civiles et militaires. L'intelligence artificielle, les technologies de détection avancées, les systèmes autonomes, les jumeaux numériques, les communications sécurisées, les plateformes définies par logiciel, les services spatiaux, les matériaux de pointe et le calcul de haute performance sont développés, testés et commercialisés sur les marchés civils avant d'être adaptés à des applications de défense et de sécurité. En 2025, les investissements mondiaux en capital de risque dans les technologies de défense ont presque triplé par rapport aux niveaux enregistrés en 2020, atteignant environ 29 milliards de dollars américains. Cela témoigne d'un intérêt croissant pour les technologies alliant extensibilité commerciale et applications stratégiques.

Coup d'œil sur les possibilités de double usage en Ontario

- Plus de 300 entreprises du secteur de la défense employant plus de 13 000 travailleurs et générant un chiffre d'affaires annuel de plus de 5 milliards de dollars. L'Ontario compte environ 35 % des emplois du secteur de la défense au Canada.
- Près de 700 fournisseurs de pièces automobiles, soutenus par de grands constructeurs automobiles; des fournisseurs de niveau 1 présents dans le monde entier; des développeurs de logiciels; des établissements de recherche et des centres d'essais spécialisés.
- Plus de 400 entreprises spécialisées dans le développement de véhicules connectés et autonomes, ainsi que dans la mobilité intelligente.
- Neuf sites régionaux pour le développement des technologies, soutenus par un investissement d'environ 70 millions de dollars canadiens, lesquels offrent un accès à une expertise technique, à de l'équipement spécialisé, à du soutien à la commercialisation et à des environnements d'essai.
- Plus de 100 000 travailleurs dans les secteurs de l'assemblage automobile et de la fabrication de pièces et qui assurent des activités de soutien pour les principaux constructeurs automobiles mondiaux.
- Plus de 12,4 milliards de dollars canadiens d'investissements annoncés et 11 300 emplois associés soutenus par Investissements Ontario au cours de ses cinq premières années d'existence, dans des secteurs tels que l'industrie manufacturière de pointe, les véhicules électriques, la défense, les minéraux critiques, l'intelligence artificielle et les technologies de pointe.

L'Ontario est bien placé pour tirer parti de ces nouvelles possibilités. La province allie l'un des plus grands écosystèmes de l'Amérique du Nord dans le domaine de l'automobile et de la mobilité à des forces dans les secteurs de la fabrication de pointe, de l'intelligence artificielle, du développement de logiciels, des véhicules connectés et autonomes, des minéraux critiques, de la production de batteries, de la recherche et de la commercialisation. Ces atouts constituent de solides assises qui lui permettent de participer à de nouveaux projets de double usage, au-delà des voies d'approvisionnement traditionnelles du secteur de la défense.

L'écosystème ontarien de la mobilité revêt une pertinence particulière, car bon nombre des technologies qui sous-tendent les systèmes de transport de nouvelle génération trouvent de plus en plus d'applications dans les domaines de la défense et de la sécurité. La navigation autonome, les technologies de détection avancées, la prise de décisions intelligente, les véhicules définis par logiciel, les communications sécurisées, la coordination du parc automobile et les infrastructures résilientes occupent une place de plus en plus grande dans le domaine des applications de mobilité commerciales, mais aussi dans le secteur de la défense. Dans la province, la forte concentration de fabricants de véhicules automobiles, d'entreprises technologiques, d'établissements de recherche et d'installations d'essais constitue une solide base pour le développement et la commercialisation de ces capacités.

Une analyse de l'écosystème ontarien révèle que la province dispose de deux possibilités complémentaires. D'une part, elle peut continuer à accroître ses capacités établies dans les technologies de défense spécialisées, les plateformes, l'intégration de systèmes et la fabrication. D'autre part, cela peut ouvrir des voies plus favorables pour permettre aux technologies conçues à des fins commerciales dans les domaines de la mobilité, des logiciels, des capteurs, des communications, de la fabrication et des infrastructures de pénétrer les marchés de la défense et des produits à double usage.

Les entreprises ontariennes empruntent déjà ces deux voies. Des entreprises bien établies disposent de compétences dans les domaines de l'imagerie de pointe, de la surveillance et des communications spatiales, des véhicules militaires, des logiciels, des capteurs et de l'intégration de systèmes. Parallèlement, des entreprises à vocation commerciale mettent au point des technologies d'intelligence artificielle, des systèmes autonomes, des plateformes de détection de pointe, des infrastructures connectées, des technologies de batteries ainsi que des systèmes de mobilité définis par logiciel, qui peuvent s'appliquer à la défense, à la sécurité publique, aux interventions d'urgence, aux infrastructures critiques et à la sécurité. Les possibilités qui s'offrent à l'Ontario ne se limitent donc pas à une technologie ou à un marché en particulier. Elles résident plutôt dans la mise en relation des capacités spécialisées en matière de défense avec l'envergure, les investissements, les talents et la rapidité d'innovation propres à l'écosystème commercial plus large de la province.

Les capacités industrielles de l'Ontario viennent renforcer encore davantage cette possibilité. L'écosystème ontarien de la fabrication de pointe offre une expertise en matière d'intégration de systèmes, de fabrication de précision, de coordination des fournisseurs, d'assurance de la qualité et de production à grande échelle. Ces compétences deviennent essentielles, à mesure que les gouvernements s'efforcent de renforcer leurs capacités industrielles nationales, d'élargir leur participation à des chaînes d'approvisionnement fiables et de réduire leur dépendance vis-à-vis de certaines sources de production concentrées pour leurs technologies stratégiques. L'intégration de l'Ontario au sein des réseaux de fabrication nord-américains, combinée à la croissance de son secteur des batteries, à ses ressources en minéraux critiques et à son écosystème technologique de pointe, lui permet de participer à des chaînes d'approvisionnement de plus en plus résilientes et soucieuses de la sécurité.

Les minéraux critiques, les matériaux de pointe et les capacités de transformation constituent un autre atout stratégique. La combinaison des ressources en minéraux critiques du Nord de l'Ontario et de l'écosystème de fabrication et d'innovation du sud de la province confère la possibilité de renforcer les chaînes de valeur nationales, tout en soutenant des réseaux d'approvisionnement nord-américains fiables. Alors que les gouvernements et le secteur privé accordent une importance croissante à la sécurité de l'approvisionnement et à la résilience industrielle, ces capacités devraient de plus en plus être une source d'avantages concurrentiels.

L'infrastructure de l'Ontario en matière d'essais, de validation et de commercialisation constitue un autre atout important. Les sites régionaux pour le développement des technologies (SRDT) du Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (ROIV), lesquels comprennent des installations telles que la Zone X.O, le Centre d'excellence automobile (ACE) de l'Université technologique de l'Ontario, le groupe CORE5, le Réseau d'infrastructures connectées Catalyst (CCIN), ainsi que divers environnements de démonstration et d'essais pilotes, offrent aux entreprises la possibilité de tester, de valider et de perfectionner des technologies dans des conditions d'exploitation en circuit fermé et en situation réelle. S'appuyant sur cette infrastructure, le ROIV a lancé, dans le cadre du Fonds de partenariats en R-D, un nouveau volet axé sur les technologies de défense et à double usage, afin d'aider les entreprises ontariennes à réduire les risques liés à la mise au point, à la validation et à la

démonstration de technologies, et d'accélérer leur cheminement vers la commercialisation et le déploiement. Grâce aux nouveaux financements destinés à la R-D dans les domaines de la défense et des technologies à double usage, le réseau des SRDT soutiendra la commercialisation des solutions de mobilité connectée, des systèmes autonomes, des technologies de communications, des capteurs de pointe, de l'électrification, des infrastructures intelligentes et des technologies émergentes qui présentent des applications dans le secteur de la défense. Ces initiatives offrent également l'occasion d'évaluer des technologies pouvant s'appliquer aux domaines civil, industriel et stratégique.

Des entretiens et une analyse de l'écosystème ont permis de dégager plusieurs pistes pour consolider le parcours de l'Ontario, du développement de technologies à leur adoption par le secteur de la défense. Les entreprises se trouvant à différents niveaux de préparation peuvent ainsi rechercher divers types de soutien, notamment pour déterminer les applications opérationnelles, comprendre les exigences en matière de défense, mobiliser les utilisateurs finaux et les entrepreneurs principaux, gérer les procédures d'accréditation et de passation de marchés, valider les technologies dans des conditions pertinentes et accroître la production. Un sondage national mené auprès de 642 petites et moyennes entreprises a également mis en évidence des obstacles différents chez les fournisseurs établis du secteur de la défense, les entreprises dont l'activité dans ce secteur est limitée et les éventuels nouveaux venus sur le marché. Répondre à ces besoins représente une occasion d'élargir le bassin de fournisseurs ontariens prêts à intervenir dans le domaine de la défense, tout en préservant les marchés civils qui assurent une envergure commerciale et des innovations continues.

Le rapport fait état d'une série de possibilités qui s'appuient sur les atouts actuels de l'Ontario, dont les suivantes :

- le renforcement des voies technologiques entre le secteur commercial et celui de la défense;
- la création d'un pôle de systèmes autonomes concurrentiel à l'échelle mondiale;
- l'avancée de plateformes de mobilité sécurisées et définies par logiciel;
- la mise à profit de l'infrastructure d'essais et de validation de l'Ontario en tant qu'atout stratégique;
- la création de chaînes d'approvisionnement fiables pour les technologies stratégiques;
- le renforcement de l'avantage concurrentiel de l'Ontario dans le domaine des minéraux critiques et des matériaux de pointe;
- le soutien de l'innovation axée sur la résilience dans les régions nordiques et éloignées;
- la mise en place d'un écosystème de mobilité à double usage plus intégré.

Collectivement, ces possibilités témoignent d'une évolution plus large dans la manière de créer de la compétitivité et des capacités stratégiques. Les technologies, les infrastructures, les chaînes d'approvisionnement et les systèmes industriels qui soutiennent la croissance économique constituent de plus en plus les mêmes atouts qui contribuent à la résilience, à la sécurité et à l'avantage stratégique à long terme. L'Ontario aborde cette transition en disposant d'avantages considérables dans les domaines de la mobilité, de la fabrication, de la technologie, de la recherche et de la commercialisation. En renforçant les liens entre ces atouts et les nouvelles possibilités du double usage, la province est bien placée pour soutenir l'innovation, attirer les investissements, renforcer la compétitivité industrielle et contribuer au développement de capacités stratégiques pour le Canada et ses alliés.

# 2. Le double usage et le nouveau contexte industriel

La relation entre l'innovation technologique, la compétitivité industrielle et la sécurité nationale évolue rapidement. Les technologies de pointe, qui étaient autrefois destinées principalement aux marchés commerciaux, sont de plus en plus reconnues comme des atouts stratégiques contribuant à la capacité de défense, à la résilience des infrastructures, à la préparation aux situations d'urgence et à la sécurité économique. Parallèlement, les gouvernements accordent une importance croissante aux compétences industrielles nationales, à la fiabilité des chaînes d'approvisionnement et aux capacités souveraines, afin de faire face aux incertitudes géopolitiques, à la concurrence technologique et aux perturbations qui ont une incidence sur les réseaux de production mondiaux.

Dans cette section, nous examinerons le contexte général à l'origine du regain d'intérêt pour les technologies à double usage. Nous verrons également comment les écosystèmes de l'innovation, les capacités industrielles, les infrastructures résilientes et la sécurité économique sont de plus en plus étroitement liés, et pourquoi ces tendances ouvrent de nouvelles perspectives pour les collectivités qui disposent d'atouts dans les domaines de la mobilité, de l'industrie manufacturière, des technologies de pointe et des débouchés commerciaux. De plus, nous explorerons dans cette section la manière dont ces évolutions redéfinissent la stratégie industrielle et influencent les investissements dans les capacités stratégiques au Canada et dans les économies alliées.

## 2.1 Défense, sécurité économique et capacité industrielle souveraine

### Capacité industrielle et préparation du double usage à des fins de défense

La défense nationale a traditionnellement toujours été envisagée sous l'angle des moyens militaires, des systèmes d'armement, des bases et des infrastructures matérielles. Ces capacités demeurent essentielles, mais la nature de la préparation en matière de défense a évolué pour englober les systèmes numériques, informatiques et industriels, ainsi que les infrastructures qui permettent aux gouvernements, aux entreprises et aux collectivités de fonctionner en toute sécurité et de réagir efficacement aux perturbations. Par conséquent, les capacités de défense s'appuient de plus en plus sur des technologies à double usage, développées et mises en œuvre dans les domaines civil et militaire, notamment l'intelligence artificielle (IA), les technologies de détection de pointe, les systèmes autonomes, les communications sécurisées, la cybersécurité, les services spatiaux, le calcul de haute performance et les infrastructures connectées[1].

Dans ce contexte, la préparation en matière de défense repose sur un large éventail de capacités industrielles. Celle-ci nécessite en effet la faculté de produire des équipements de pointe et de disposer de capacités de fabrication avancées, de réseaux de fournisseurs résilients, d'un accès aux facteurs de production stratégiques, d'une infrastructure numérique, de systèmes énergétiques et de compétences en intégration de systèmes[1].

Les écosystèmes industriels capables de produire des composants de pointe, d'intégrer des technologies de multiples secteurs, de s'adapter à l'évolution des exigences opérationnelles et de maintenir des capacités essentielles pendant de longues périodes sont de plus en plus reconnus comme des atouts stratégiques qui influencent directement la sécurité nationale, la sécurité économique et la compétitivité à long terme[1].

Dans ce contexte, le secteur de la défense ne se limite plus à un ensemble restreint d'industries militaires, mais il dépend aussi d'un vaste éventail de capacités industrielles, au-delà des fournisseurs traditionnels du secteur. De nombreuses technologies présentes dans les applications de défense et de sécurité sont d'abord conçues pour les marchés commerciaux, où elles sont éprouvées et déployées. Les investissements dans la fabrication de pointe, l'automatisation industrielle, les systèmes numériques, les infrastructures énergétiques et d'autres capacités habilitantes peuvent donc renforcer à la fois les résultats économiques et la préparation stratégique. Ainsi, le progrès industriel et la préparation en matière de défense sont de plus en plus considérés comme des objectifs qui se renforcent mutuellement, et ne constituent plus des priorités politiques distinctes[1,2]. Cette évolution se reflète dans les stratégies gouvernementales qui accordent une importance croissante aux capacités industrielles nationales comme fondement de la sécurité et de la résilience à long terme. La Stratégie industrielle de défense du Canada, par exemple, souligne le caractère crucial que revêt le maintien d'une assise industrielle solide à l'échelle nationale pour soutenir les objectifs de sécurité nationale et préserver les capacités essentielles à long terme. Cette stratégie reflète un changement de paradigme et reconnaît la défense, la compétitivité industrielle, l'innovation et la résilience économique comme des priorités étroitement liées. À mesure que la concurrence géopolitique s'intensifie et que les changements technologiques s'accélèrent, le fait de pouvoir mobiliser et maintenir des capacités industrielles devient un élément déterminant dans la préparation en matière de défense[1].

Ces tendances sont particulièrement importantes pour les collectivités dotées de systèmes solides de fabrication et d'innovation. Le secteur ontarien de l'automobile et de la mobilité témoigne de la manière dont les capacités industrielles, le développement technologique et les chaînes d'approvisionnement intégrées peuvent contribuer à l'émergence de nouvelles possibilités à double usage[1].

Les répercussions pour l'Ontario sont examinées plus loin dans le présent rapport.

## Innovation, investissements et mise en œuvre à l'échelle industrielle

Ce sont les marchés des technologies commerciales, plutôt que les circuits traditionnels de recherche et d'approvisionnement en matière de défense, qui jouent un rôle de plus en plus grand dans le développement des solutions de défense. Les technologies, telles que l'IA, les systèmes de détection de pointe, les systèmes autonomes, les communications sécurisées et les plateformes définies par logiciel sont souvent développés en premier lieu pour des applications commerciales, où l'importance de la clientèle, les pressions concurrentielles du marché et l'accès aux capitaux privés accélèrent l'innovation et l'adoption de technologies[3]. Les marchés commerciaux jouent également un rôle dans la diffusion à grande échelle des innovations. Par rapport aux systèmes traditionnels d'approvisionnement dans le domaine de la défense, ils permettent généralement des cycles de développement accélérés, de plus importants volumes de production, de vastes bassins de talents et des sources de financement diversifiées. Ces conditions permettent aux organisations d'améliorer leurs technologies, de réduire leurs coûts et d'atteindre plus rapidement la viabilité commerciale. Une fois validées à grande échelle, bon nombre de ces capacités peuvent être adaptées à des applications dans les domaines de la défense et de la sécurité, ce qui réduit les risques liés à la conception et accélère le déploiement[3].

Cette dynamique revêt une importance particulière pour les pays dont le marché national de la défense est relativement restreint, comme le Canada. Dans bien des cas, la demande du secteur de la défense peut, à elle seule, s'avérer insuffisante pour soutenir les investissements, le volume de production et l'innovation continue nécessaires au maintien de la compétitivité dans des domaines technologiques en constante évolution. Les modèles d'innovation à double usage contribuent à relever ce défi en permettant aux organisations de commercialiser des technologies sur des marchés civils plus vastes, tout en ouvrant simultanément la voie à des applications dans les domaines de la défense et de la sécurité. Cette approche permet aux gouvernements de tirer parti de l'échelle commerciale, des investissements du secteur privé et de l'innovation axée sur le marché pour accélérer le développement des capacités, réduire les coûts et améliorer l'accès aux technologies essentielles. Toutefois, les technologies qui ont connu un succès commercial peuvent encore devoir faire l'objet d'adaptations supplémentaires, d'essais, de validations, de garanties de sécurité, d'une intégration dans les systèmes et d'agréments avant de pouvoir être utilisées dans des applications de défense. Néanmoins, l'innovation à double usage peut contribuer à la fois à la résilience économique à long terme et à la préparation stratégique en renforçant les capacités industrielles et technologiques qui sous-tendent la sécurité nationale[3].

Les tendances mondiales en matière d'investissements reflètent de plus en plus la convergence entre l'innovation commerciale et les capacités stratégiques. En 2025, les investissements mondiaux en capital de risque dans les technologies de défense ont presque triplé par rapport aux niveaux enregistrés en 2020, atteignant environ 29 milliards de dollars américains. Cela témoigne de la confiance croissante des investisseurs dans les technologies à double usage, notamment l'IA, les systèmes autonomes, les technologies de détection de pointe, la cybersécurité et les capacités spatiales[4,5]. De plus en plus, ces technologies sont considérées à la fois comme des occasions de croissance commerciale et comme des atouts stratégiques qui appuient les objectifs en matière de défense, de sécurité et de résilience.

Les gouvernements et les organismes de défense des pays alliés ont réagi en mettant en place de nouveaux mécanismes visant à accélérer le développement et l'adoption de ces technologies. L'OTAN a créé l'Accélérateur d'innovation de défense pour l'Atlantique Nord (DIANA) et le Fonds d'innovation, pour renforcer les liens entre les innovateurs du secteur privé, les investisseurs, les partenaires industriels, les chercheurs et les acteurs du secteur de la défense au sein de l'alliance. Ces initiatives tiennent compte du fait que de nombreuses technologies émergentes, notamment l'IA, l'autonomie, les communications de pointe, les technologies quantiques et les solutions de fabrication de pointe, sont souvent développées d'abord sur les marchés commerciaux avant d'être adaptées à des applications de sécurité et de défense. Ensemble, ces éléments témoignent d'une évolution plus générale vers des écosystèmes d'innovation qui tirent parti des investissements privés, des activités entrepreneuriales et de

l'évolution technologique rapide, considérés comme des sources de plus en plus importantes pour les capacités de défense futures[6].

Ces changements témoignent d'une transformation plus large dans la manière dont les capacités stratégiques sont créées et maintenues. Les collectivités capables d'aligner leurs écosystèmes d'innovation sur des voies de commercialisation à double usage pour des applications de défense seront mieux placées pour attirer des investissements, soutenir la compétitivité industrielle et développer des capacités stratégiques à long terme que celles qui s'appuient uniquement sur les marchés publics militaires.

## Infrastructures fiables, chaînes d'approvisionnement et résilience économique

La convergence entre capacité industrielle, innovation et moyens de défense redéfinit la nature même de la compétitivité économique. Pendant plusieurs décennies, les entreprises ont optimisé leurs chaînes d'approvisionnement en fonction des coûts, de l'échelle, de la spécialisation et de la production juste-à-temps, alors que les réseaux commerciaux mondiaux leur permettaient d'accéder à des intrants, à des composants et à des capacités de production provenant de divers endroits. Les tensions géopolitiques, les perturbations commerciales, les problèmes d'approvisionnement et d'autres bouleversements externes étant devenus plus fréquents, les gouvernements et les entreprises ont commencé à réévaluer les vulnérabilités liées à des chaînes d'approvisionnement complexes qui reposent souvent sur un nombre limité de fournisseurs, de régions ou de pôles de traitement à l'échelle mondiale pour leurs facteurs de production essentiels[7].

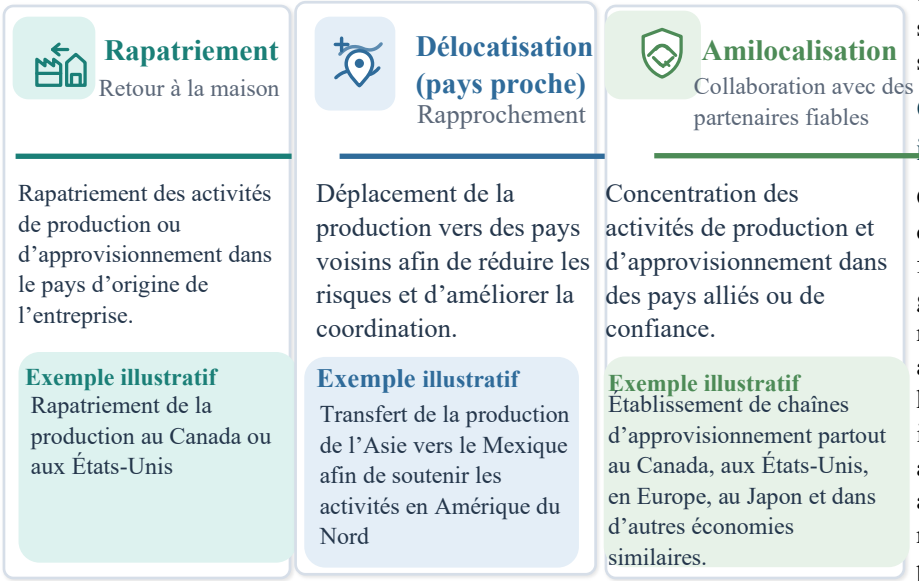
Par conséquent, la compétitivité dépend de plus en plus de la capacité à garantir l'accès aux facteurs de production essentiels, à maintenir les activités en cas de perturbation et à faire partie de réseaux industriels fiables. Les gouvernements, les investisseurs et les partenaires du secteur accordent une importance croissante à la fiabilité de l'approvisionnement, à l'interopérabilité et à la gestion des risques lorsqu'ils prennent des décisions en matière d'approvisionnement, d'investissements et de partenariats[8].

Ces évolutions reflètent une transformation plus générale de la manière dont on perçoit la résilience. Historiquement considérée avant tout comme un enjeu de gestion des risques, la résilience est de plus en plus reconnue comme un avantage concurrentiel favorisant la croissance à long terme, l'attraction des investissements et la flexibilité stratégique. Les entreprises et les administrations capables de s'adapter aux exigences de sécurité en constante évolution, de résister aux perturbations et d'entretenir des relations de confiance au sein de réseaux industriels complexes seront probablement mieux placées que celles qui misent principalement sur les coûts ou l'échelle de production pour se démarquer[9].

## Rapatriement, amilocalisation et réseaux industriels de confiance

Face à l'incertitude géopolitique croissante et aux perturbations des chaînes d'approvisionnement, les gouvernements et les entreprises accordent une importance croissante au lieu de production et à la structure des réseaux industriels. La Figure 1 illustre des stratégies de localisation, telles que le rapatriement, la délocalisation dans un pays proche et l'amilocalisation, qui permettent de réduire l'exposition aux risques géopolitiques, de renforcer la résilience des chaînes d'approvisionnement et d'améliorer la fiabilité des systèmes industriels essentiels[10]. Ces approches redéfinissent les décisions en matière d'approvisionnement, d'investissements et de partenariats dans tous les secteurs d'activité. Bien que les coûts et l'efficacité demeurent des facteurs importants, les entreprises et les gouvernements accordent désormais davantage d'importance à l'accès aux intrants essentiels, à la stabilité des relations avec les fournisseurs et à la fiabilité à long terme des réseaux de production[7].

**Figure 1 : Stratégies de localisation de la chaîne d'approvisionnement**




Ce changement ne représente pas un recul par rapport à la mondialisation. Il correspond plutôt à une réorganisation des systèmes de production mondiaux, axée sur des partenariats de confiance et un alignement stratégique. Ces principes se reflètent de plus en plus dans les politiques de défense et de sécurité. La Stratégie industrielle de défense du Canada s'appuie sur le cadre construire-collaborer-acheter, qui met l'accent sur le renforcement des capacités nationales dans les domaines où le Canada détient un avantage stratégique, sur la collaboration avec des alliés et des partenaires de confiance lorsque cela est approprié, et sur des achats ciblés lorsque cela est nécessaire[11]. Cette approche s'inscrit dans une tendance plus large vers des chaînes d'approvisionnement résilientes et des réseaux industriels établis entre des partenaires de confiance à l'étranger[10].

Pour l'Ontario, ces tendances présentent à la fois des possibilités et des risques. L'intégration de la province au sein des réseaux de production automobile nord-américains lui donne accès à un marché vaste et interconnecté. Parallèlement, les changements intervenant au niveau de la politique commerciale, des droits de douane et des exigences réglementaires peuvent entraîner des répercussions sur la production, les investissements et la compétitivité dans l'ensemble du système[12].

## Conséquences sur la compétitivité et les stratégies industrielles

Ces changements signifient que la compétitivité dépend de plus en plus de la capacité à mettre en place des systèmes industriels sûrs, résilients et fiables fonctionnant efficacement dans un contexte économique, technologique et géopolitique en constante évolution[13]. Pour les secteurs public et privé, cela modifie l'approche de la stratégie industrielle : alors qu'elle était auparavant axée sur les structures de coûts et l'accès aux marchés, elle vise désormais à harmoniser les capacités industrielles, les écosystèmes d'innovation, les infrastructures, les compétences de la main-d'œuvre et les partenariats avec des acteurs de confiance, au sein d'un système économique cohérent et résilient. Les administrations capables d'offrir un accès fiable à l'énergie, à des infrastructures numériques de pointe, à une main-d'œuvre qualifiée et à des environnements de production sécurisés sont susceptibles de devenir des destinations de plus en plus attractives pour les investissements et la croissance industrielle[14].

Le pôle de fabrication de pointe de l'Ontario, son réseau électrique à faibles émissions de carbone, ses atouts en matière de recherche et d'innovation, son infrastructure numérique et son intégration au sein des chaînes d'approvisionnement nord-américaines continuent de soutenir les investissements dans les secteurs stratégiques. Depuis sa création en 2020 et au cours de ses cinq premières années d'existence, Investissements Ontario a aidé des entreprises à réaliser plus de 12,4 milliards de dollars canadiens d'investissements et à créer plus de 11 300 emplois en Ontario, dans des secteurs où la province dispose d'atouts uniques, comme la fabrication de pointe, les véhicules électriques, la défense, les minéraux critiques, l'IA et les technologies de pointe[15]. Ces activités donnent une idée plus générale de la faculté de l'Ontario à attirer des projets à forte intensité capitalistique qui permettent d'accroître la capacité industrielle, de renforcer les chaînes d'approvisionnement et de soutenir le développement technologique.

Les récents investissements dans les infrastructures numériques viennent soutenir cette croissance. Ainsi, dans le cadre d'un engagement plus large de 19 milliards de dollars canadiens visant à étendre son infrastructure infonuagique et d'intelligence artificielle (IA) dans tout le Canada entre 2023 et 2027, Microsoft a annoncé une expansion majeure en Ontario. Cet investissement devrait permettre de soutenir environ 1 000 emplois dans le secteur de la construction et de créer 250 postes permanents, tout en augmentant considérablement la capacité informatique et l'infrastructure de données locale de la province. Ensemble, ces investissements renforcent les fondements nécessaires pour soutenir la fabrication de pointe, l'intelligence artificielle, les secteurs à forte concentration de données et les applications émergentes à double usage[16].

Plus généralement, l'Ontario continue d'attirer des investissements dans les secteurs de la fabrication automobile, de la production de batteries, de l'intelligence artificielle, de la fabrication de pointe et des infrastructures numériques, ce qui témoigne du rôle croissant que joue la province au sein de l'écosystème industriel et d'innovation nord-américain. Ensemble, ces atouts constituent une assise solide pour assurer la participation de la province dans des secteurs de plus en plus sensibles à la sécurité et à forte concentration technologique. Pour conserver cet avantage, il faudra certes poursuivre les investissements et s'adapter en permanence, mais l'Ontario peut compter sur son envergure industrielle, sa capacité d'innovation, son infrastructure numérique et la compétence de ses talents, ce qui lui permet de tirer parti de la convergence croissante entre compétitivité économique, leadership technologique, résilience et sécurité[17].

## Capacités souveraines, résilience des infrastructures et Arctique

### Les infrastructures en tant que capacités souveraines

Les capacités souveraines dépendent de plus en plus de la résilience et de l'intégration des principaux systèmes d'infrastructure. L'énergie, les transports, les communications, les réseaux numériques et l'infrastructure informatique ne sont plus simplement des catalyseurs de l'activité économique. Ces systèmes sont de plus en plus reconnus comme des atouts stratégiques qui soutiennent la production industrielle, la préparation aux situations d'urgence, la sécurité publique et la préparation en matière de défense. À mesure que les systèmes industriels deviennent de plus en plus connectés et à forte concentration technologique, la capacité à maintenir une infrastructure sécurisée, fiable et interopérable revêt une importance capitale tant pour la compétitivité économique que pour la sécurité nationale[18].

Cela reflète une redéfinition plus large du rôle des infrastructures au sein des économies modernes. Celles-ci constituent désormais un socle commun aux secteurs civil, industriel et de la défense :

- les systèmes énergétiques assurent le soutien de la fabrication, du traitement des données et de la continuité des activités;
- les réseaux de transport permettent l'acheminement des marchandises, des personnes et des intrants stratégiques;
- les communications et les réseaux numériques facilitent la coordination, la surveillance et la prise de décisions;
- l'infrastructure informatique offre des capacités de traitement des données, de modélisation et d'automatisation qui constituent de plus en plus le fondement des systèmes industriels modernes.

## Tableau 1 : Les principales capacités souveraines du Canada

### Les capacités souveraines du Canada

Les capacités souveraines constituent des domaines d'importance stratégique dans lesquels le Canada cherche à renforcer ses capacités nationales, à réduire les vulnérabilités des chaînes d'approvisionnement et à préserver sa liberté de défendre sa souveraineté et de respecter ses engagements envers ses alliés. Ces capacités concernent des domaines essentiels à la défense du Canada, s'appuient sur les forces nationales existantes ou potentielles et répondent à la demande des alliés.

| Principaux domaines de capacités | Pourquoi est-ce important? |
|---|---|
| **Aérospatiale** | Soutien des plateformes aéronautiques militaires et à double usage, de l'avionique, des systèmes de communication et des capacités de fabrication aérospatiale. |
| **Munitions** | Augmentation de la production nationale de munitions, de projectiles, de missiles et d'autres fournitures essentielles pour la défense. |
| **Systèmes numériques** | IA, communications sécurisées, technologies cybernétiques, informatique en nuage, systèmes de commandement et de contrôle, et technologies quantiques. |
| **Soutien en service** | Entretien, modernisation, réparation et soutien à long terme des moyens de défense dans les domaines naval, terrestre et aérien. |
| **Protection du personnel** | Soutien des contre-mesures médicales, de l'équipement de protection et des technologies liées à la santé qui renforcent l'état de préparation opérationnelle et la résilience. |
| **Capteurs** | Capacités de surveillance, de détection, de collecte de renseignements, de guerre électronique, de navigation et de connaissance de la situation. |
| **Espace** | Soutien des communications par satellite, de l'observation de la Terre, du renseignement spatial, de la surveillance, de la reconnaissance et de la connaissance du domaine spatial. |
| **Fabrication spécialisée** | Capacité industrielle permettant de concevoir et de fabriquer des plateformes de défense, des véhicules, des navires de surface, des systèmes maritimes et des composants issus de procédés de fabrication de pointe. |
| **Formation et simulation** | Appui à la préparation opérationnelle grâce à des milieux de formation de pointe, des systèmes de simulation numérique et des technologies d'apprentissage synthétique couvrant les domaines naval, terrestre et aérien. |
| **Systèmes autonomes et sans équipage** | Avancement des systèmes autonomes terrestres, aériens, de surface et sous-marins utilisés dans les domaines de la défense, de la sécurité, de la mobilité et des applications industrielles. |

Source : Adapté de la Stratégie industrielle de défense du Canada : sécurité, souveraineté et prospérité (gouvernement du Canada, 2026).

Ensemble, ces infrastructures interconnectées constituent l'environnement opérationnel qui permet la poursuite des activités commerciales, des interventions d'urgence, de la sécurité publique et des opérations de défense[19].

À mesure que ces systèmes sont de plus en plus interconnectés, leur résilience repose toujours davantage sur l'efficacité avec laquelle ils fonctionnent ensemble. Les organisations et les administrations doivent être en mesure d'échanger des renseignements en toute sécurité, de coordonner leurs efforts entre les réseaux et de maintenir les fonctions essentielles en cas de perturbation. L'échange sécurisé de données, les cadres de gouvernance communs et les systèmes interopérables contribuent à garantir que les infrastructures assurent la continuité des activités en cas d'urgence, de perturbations de l'approvisionnement, d'incidents cybernétiques et d'autres événements ayant une incidence sur les activités industrielles ou la sécurité publique[19].

## État de préparation dans le Nord, préparation aux situations d'urgence et connaissance de la situation grâce aux données spatiales

L'importance des infrastructures résilientes est particulièrement marquée dans les régions du Nord et de l'Arctique, où la géographie, le climat, les distances et la redondance limitée exacerbent les risques opérationnels. Les longues distances, les conditions météorologiques extrêmes, les contraintes d'accès saisonnières et la dispersion de la population font que toute perturbation des réseaux de transport, d'énergie et de communications ou des systèmes numériques peut entraîner de graves conséquences pour les collectivités, l'industrie, les services d'intervention d'urgence et la présence nationale. Dans ces contextes, la fiabilité des infrastructures est à la fois une nécessité économique et un élément fondamental pour l'accessibilité, la continuité des activités et la souveraineté[20].

Dans le Nord et dans l'Arctique, les infrastructures sont, intrinsèquement, à double usage, celles-ci remplissant souvent plusieurs fonctions civiles, économiques et de sécurité. Les infrastructures de transport favorisent la mobilité au sein des collectivités, les interventions d'urgence, la mise en valeur des ressources et l'accès logistique. Les réseaux énergétiques assurent le fonctionnement des collectivités, des activités industrielles et des services essentiels, tandis que les réseaux numériques et de communication contribuent à la sécurité publique, à la coordination sur de grandes distances et à la connaissance de la situation opérationnelle. À mesure que le caractère stratégique des régions nordiques s'impose, la capacité à entretenir et à coordonner des systèmes interconnectés revêt une importance de plus en plus grande, tant pour l'état de préparation de la défense que pour la résilience nationale au sens large[1].

La préparation aux situations d'urgence met encore davantage en évidence la nécessité de disposer d'infrastructures résilientes et interopérables. L'efficacité des interventions en cas de catastrophes naturelles, de pannes d'approvisionnement, d'opérations de recherche et de sauvetage ou d'incidents liés à la sécurité dépend de la capacité des systèmes de transport, d'énergie, de communications et des systèmes numériques à fonctionner de concert dans des conditions difficiles. Dans les régions où la redondance des infrastructures est limitée, la défaillance d'un système peut rapidement se répercuter sur d'autres, créant ainsi des risques en cascade pour les collectivités, l'industrie et la sécurité publique. Par conséquent, la résilience, une coordination sécurisée et l'interopérabilité des systèmes deviennent des éléments essentiels de la préparation dans le Nord[1].

Les capacités spatiales jouent un rôle de plus en plus essentiel dans le soutien de ces fonctions, en particulier lorsque les infrastructures terrestres sont limitées ou vulnérables. Les communications par satellite, la télédétection, la localisation, la navigation et la connaissance du domaine contribuent à assurer la connectivité, la surveillance et la connaissance de la situation dans des régions vastes et éloignées. Ces capacités soutiennent les interventions d'urgence, la surveillance des infrastructures, l'observation de l'environnement, la sécurité des transports et les opérations de défense. Leur valeur stratégique réside dans leur capacité à renforcer la visibilité, la coordination et la continuité opérationnelles dans des régions où il est difficile de construire, d'entretenir ou de reproduire des infrastructures physiques[1].

Parallèlement, l'intégration croissante des systèmes physiques et numériques donne naissance à de nouvelles formes de risques cyberphysiques. Les perturbations des réseaux de communication, des systèmes de localisation, de l'infrastructure numérique ou des systèmes de contrôle peuvent nuire à la

fiabilité des services de transport et d'énergie et aux interventions d'urgence. Dans les régions nordiques et isolées, où les infrastructures de rechange peuvent être limitées, ces risques peuvent entraîner des conséquences disproportionnées sur la poursuite des activités et la sécurité publique. Cela souligne l'importance de disposer d'infrastructures résilientes, d'une bonne préparation aux situations d'urgence, de systèmes numériques sécurisés et d'une connaissance du terrain, grâce aux technologies spatiales, qui constituent autant d'éléments complémentaires et indispensables aux capacités souveraines[21].

Ensemble, ces dynamiques expliquent pourquoi la résilience dans le Nord, la préparation aux situations d'urgence et la connaissance de la situation grâce aux technologies spatiales sont des éléments essentiels à la souveraineté. Les administrations capables de maintenir des infrastructures fiables, d'assurer la coordination entre les systèmes physiques et numériques, et de garantir une visibilité dans les régions éloignées seront mieux placées pour soutenir les collectivités, favoriser les activités industrielles, intervenir en cas d'urgence et maintenir une présence stratégique dans un contexte de sécurité de plus en plus complexe.

# 3. Technologies à double usage et potentiel de l’Ontario

Les technologies à double usage prennent de plus en plus d’importance, alors que les gouvernements, l’industrie et les investisseurs recherchent des solutions capables de répondre à la fois à des priorités commerciales et stratégiques. Les progrès réalisés dans les domaines de l’intelligence artificielle, de l’autonomie, des infrastructures informatiques, des technologies de détection de pointe, des communications et des systèmes numériques transforment les secteurs des transports, de la fabrication, des infrastructures et des services publics, tout en donnant naissance à des applications pertinentes pour la défense, la sécurité et les interventions d’urgence.

L’Ontario dispose de nombreuses capacités pour soutenir cette transition grâce à son écosystème de l’automobile et de la mobilité, à ses établissements de recherche, à ses réseaux de commercialisation et à son secteur technologique de pointe. Cette section passe en revue les technologies les plus couramment associées à l’innovation à double usage, met en lumière leur application dans les domaines civils et stratégiques, et examine les façons précises dont l’écosystème de la mobilité de l’Ontario peut contribuer à leur développement, à leur déploiement et à leur commercialisation.

## 3.1 Technologies à double usage

Les technologies à double usage s'entendent principalement des capacités conçues à des fins commerciales, industrielles ou publiques, qui peuvent être adaptées à des applications de défense et de sécurité. Il s'agit de capacités qui permettent d'intervenir dans plusieurs domaines, notamment la mobilité, les infrastructures, les interventions d'urgence, la logistique et les communications. Des technologies, telles que l'IA, l'analyse avancée, l'infrastructure informatique, les jumeaux numériques, les capteurs, les communications sécurisées et les systèmes spatiaux peuvent créer de la valeur sur les marchés civils tout en renforçant la connaissance opérationnelle, la résilience et les capacités stratégiques.

### IA et analyse avancée

L'IA et l'analyse avancée jouent un rôle toujours plus déterminant dans la conception des technologies à double usage, à mesure que les systèmes de défense, de sécurité publique, d'infrastructures et de mobilité deviennent plus tributaires des données en temps réel, de l'autonomie, des technologies de détection et de l'aide à la prise de décisions. Les systèmes d'IA peuvent traiter de grands volumes d'information, repérer des tendances, faciliter l'analyse prédictive et contribuer à renforcer l'efficacité des opérations dans des environnements complexes ou en constante évolution. Dans le domaine de la mobilité commerciale, ces capacités servent à soutenir les véhicules connectés, la gestion du parc automobile, l'optimisation logistique, la surveillance des infrastructures, la maintenance préventive et les systèmes avancés d'aide à la conduite. Dans les domaines de la défense et de la sécurité, ces mêmes technologies peuvent servir à la connaissance de la situation, à l'analyse du renseignement, aux systèmes autonomes, à la planification des missions et à la prise de décisions opérationnelles.

Les initiatives canadiennes et celles de leurs alliés montrent comment l'intelligence artificielle passe du statut d'outil numérique à usage général à celui d'application opérationnelle. La Stratégie d'intelligence artificielle du ministère de la Défense nationale et des Forces armées canadiennes désigne l'IA, l'apprentissage automatique, la mise en réseau, l'analyse prédictive et prescriptive, ainsi que la robotique comme des capacités essentielles à la modernisation de la défense. Elle révèle que les capteurs modernes génèrent des volumes et une complexité de données pouvant dépasser la capacité des analystes humains à les traiter manuellement. Elle présente l'IA comme un catalyseur important des opérations militaires et des fonctions opérationnelles du secteur de la défense, tout en soulignant que son adoption doit inspirer confiance et être effectuée de façon responsable, transparente et sécuritaire[22].

Des exemples européens illustrent mieux encore comment l'IA et les systèmes autonomes sont mis au point en vue de servir d'applications dans les secteurs commercial, public et de la défense. L'écosystème européen de l'IA et de l'analyse avancée est de plus en plus façonné par des investissements stratégiques qui font le pont entre l'innovation commerciale et les applications de défense. Grâce au Fonds européen de défense (FED), plus de 10 % du financement du programme a été consacré à des technologies telles que l'IA, les technologies quantiques, la cybersécurité, les systèmes autonomes et l'analyse de données avancé[23]. Ces investissements témoignent d'une prise de conscience croissante du fait que les technologies numériques émergentes deviennent des catalyseurs importants des capacités de défense, tout en créant des occasions commerciales dans les secteurs des transports, des infrastructures, de la fabrication et des applications du secteur public. L'approche du FED met l'accent sur la collaboration entre l'industrie, les établissements de recherche, les entreprises en démarrage et les acteurs du secteur de la défense afin d'accélérer la mise au point et le déploiement des technologies à double usage.

La société allemande Quantum Systems illustre cette tendance dans le secteur de la mobilité. L'entreprise, qui développe des systèmes aériens sans pilote équipés d'une IA, s'est associée à Skyports Drone Services pour proposer « Overwatch », un service de renseignement, de surveillance et de reconnaissance destiné à une clientèle gouvernementale et commerciale. Ses applications comprennent notamment la surveillance maritime, le contrôle des frontières, l'inspection d'infrastructures linéaires, la surveillance de la pollution et de l'environnement, l'inspection d'actifs, la sécurité et la surveillance de la qualité de l'air[24]. Cet exemple illustre comment la combinaison de plateformes aériennes autonomes, de capteurs, de systèmes de communication et de capacités d'analyse peut soutenir à la fois les infrastructures civiles et les applications liées à la sécurité.

Helsing constitue un deuxième exemple de l'essor de l'écosystème européen de l'IA à double usage. L'entreprise conçoit des logiciels d'intelligence artificielle et des systèmes autonomes destinés à des applications de défense, notamment des systèmes d'aide à la prise de décisions, des plateformes autonomes et des capacités définies par logiciel. Le développement récent de systèmes aériens autonomes équipés d'une IA montre à quel point les progrès réalisés dans les domaines de l'apprentissage automatique, de l'autonomie, de la détection et de l'analyse de données sont de plus en plus intégrés aux capacités de défense de nouvelle génération. Collectivement, des entreprises comme Quantum Systems et Helsing témoignent de la manière dont les écosystèmes d'innovation européens associent le développement technologique commercial, les investissements en capital de risque et la modernisation de la défense au moyen de bases technologiques numériques communes[25].

La Corée du Sud fait également progresser les technologies d'autonomie et de robotique à double usage fondées sur l'IA, en combinant l'innovation menée par les entreprises et les investissements dans l'écosystème. Bone AI met au point des véhicules autonomes aériens, terrestres et maritimes destinés à des clients des secteurs public et de la défense, dont les applications vont du soutien logistique à la détection des feux de forêt, en passant par la défense antidrones[26]. La Corée du Sud investit également 50 milliards de wons (36 millions de dollars américains) dans un pôle d'innovation en robotique de défense reposant sur l'IA, d'une superficie de 45 000 mètres carrés, qui vise à accélérer la conception, les essais et la commercialisation de robots militaires de nouvelle génération [27] . Ensemble, ces exemples montrent comment les capacités communes en matière d'IA, de robotique et d'autonomie peuvent être mises au service d'applications liées à la sécurité publique, aux interventions d'urgence, à la logistique et à la défense. Ils indiquent également que l'innovation à double usage se développe non seulement au sein d'entreprises de défense bien établies, mais aussi dans de jeunes pousses et des écosystèmes d'innovation régionaux.

## Calcul de haute performance et infrastructure de calcul

À mesure que l'IA, l'analyse avancée, la simulation et les plateformes numériques occupent une place de plus en plus centrale dans les systèmes économiques et de sécurité, l'accès à la capacité de calcul s'impose comme un atout stratégique. Le calcul de haute performance (CHP), l'infrastructure infonuagique, les semi-conducteurs de pointe, les centres de données et les puces informatiques dédiées à l'IA constituent la base nécessaire au traitement de vastes ensembles de données, à l'entraînement de modèles d'IA, à l'exécution de simulations complexes et à la prise de décisions en temps réel. Ces capacités revêtent une importance croissante non seulement pour l'innovation commerciale, mais aussi pour la sécurité nationale, la préparation à la défense et la compétitivité industrielle. Par conséquent, l'accès à la puissance de calcul s'impose comme une infrastructure stratégique et incontournable pour stimuler l'innovation, la productivité, la compétitivité et le leadership technologique[28, 29, 30].

Le CHP et les semi-conducteurs constituent également des technologies à double usage essentielles. Les mêmes architectures de calcul et puces de pointe qui soutiennent la recherche scientifique, le génie, le développement commercial de l'IA, les systèmes autonomes et les jumeaux numériques peuvent également être mises en œuvre dans les domaines de la sécurité, de la gestion des urgences et de la défense, où d'importants volumes de données doivent être traités et analysés en temps réel. En regroupant des milliers de processeurs, de serveurs, de systèmes de stockage et de logiciels au sein d'environnements de calcul en réseau, les systèmes de CHP peuvent effectuer des calculs à une échelle bien supérieure aux capacités des ordinateurs conventionnels et dégager des tendances plus rapidement que des analystes humains[28,29].

Dans les domaines de la mobilité et des infrastructures, le CHP permet aux organisations de traiter de grands volumes de données provenant de capteurs, d'évaluer des millions de scénarios possibles et de tester le rendement de systèmes dans des environnements virtuels, avant leur déploiement dans le monde réel. Ces capacités prennent de plus en plus d'importance à mesure que les secteurs des transports, des infrastructures et des systèmes industriels génèrent des volumes croissants de données opérationnelles en temps réel.[31]

La valeur stratégique du CHP est particulièrement manifeste dans les applications où les essais physiques sont coûteux, longs ou difficiles à mettre à l'échelle. Dans le secteur de l'automobile, cette technologie facilite la conception de véhicules, l'optimisation des batteries, la simulation de collisions, la modélisation aérodynamique et le perfectionnement de la conduite autonome. Dans l'ensemble des réseaux de transport, le calcul informatique de pointe

permet la création de jumeaux numériques et la réalisation de simulations à grande échelle qui facilitent l'évaluation des flux de circulation, des modifications apportées aux infrastructures, des scénarios d'intervention d'urgence et le rendement des réseaux de transport avant leur mise en œuvre. Ces capacités permettent de raccourcir les délais de conception, de réduire les coûts liés aux essais et d'améliorer la sécurité et les résultats opérationnels[28].

Au-delà de la simulation et de la conception, le CHP joue un rôle croissant dans l'analyse des vastes volumes de données générés par les véhicules connectés, les réseaux de transport, les systèmes d'infrastructure, les satellites et les actifs industriels. Les plateformes de calcul informatique de pointe permettent de repérer des tendances, de réaliser des analyses prédictives, d'optimiser les opérations et de faciliter la prise de décision en temps réel. Ces capacités trouvent des applications dans les secteurs public, de la sécurité et de la défense, notamment dans la surveillance des infrastructures, les interventions en cas de catastrophe, la gestion environnementale, la planification de la résilience, le suivi par satellite, la surveillance des débris orbitaux et la connaissance de l'espace.

Le superordinateur japonais Fugaku témoigne de la polyvalence et de l'intérêt que présente le calcul de pointe pour le secteur public. Les chercheurs utilisent Fugaku pour mettre au point des plateformes informatiques à grande échelle qui intègrent les données relatives aux déplacements des véhicules à celles qui concernent les infrastructures, les conditions environnementales et les systèmes urbains. Ces plateformes facilitent la gestion de la circulation, la planification des infrastructures, l'atténuation des effets des catastrophes et l'exploitation des villes intelligentes. Cette initiative montre comment une infrastructure de calcul informatique de pointe peut améliorer le rendement des systèmes de transport, renforcer la sécurité publique et la résilience, tout en contribuant à la réalisation d'objectifs économiques et sociaux plus larges[32].

L'Ontario dispose d'atouts majeurs pour attirer des industries à forte intensité de calculs, ainsi que des investissements dans les technologies à double usage : une production d'électricité à faible coût et à faibles émissions de carbone, des investissements croissants dans les centres de données, des établissements de recherche de pointe et une intégration aux marchés technologiques nord-américains. L'accès à une énergie propre et abordable revêt une importance particulière, alors que les entreprises du secteur de l'IA font l'objet d'une surveillance accrue en raison de la pression que les grands centres de données peuvent exercer sur les réseaux électriques locaux et les coûts énergétiques[33].

En Ontario, les tendances récentes en matière d'exportations d'électricité laissent croire que la province est relativement bien placée pour soutenir la croissance des secteurs à forte intensité de calculs. Entre 2021 et 2025, les exportations d'électricité de l'Ontario sont passées de 17,2 TWh à 21,1 TWh, tandis que les importations ont diminué, reculant de 8,7 TWh à 3,1 TWh, ce qui a entraîné une augmentation des exportations nettes d'électricité de la province, lesquelles ont atteint 18,0 TWh au cours de cette période, contre 8,5 TWh auparavant.[34] En 2025, l'Ontario a produit 169,3 TWh d'électricité à l'échelle du réseau, tandis que la demande provinciale totale en électricité s'élevait à 145,6 TWh; cela confirme une fois de plus que la province a récemment produit plus d'électricité qu'elle n'en consomme. Toujours en 2025, l'Ontario disposait également d'une capacité raccordée au réseau de 37 760 MW, contre une demande de pointe de 24 862 MW, et a ajouté 555 MW de nouvelle capacité au cours de l'année, dont plus de 80 % provenaient de systèmes de stockage[35]. Ces tendances indiquent que l'Ontario est bien placé pour répondre aux hausses de la demande à court terme. Les investissements continus dans les infrastructures de production, de stockage, de transport et de distribution demeurent toutefois essentiels, compte tenu de l'augmentation de la demande liée à l'électrification, à la croissance industrielle et aux nouvelles applications à forte intensité de calculs.

La compétitivité à venir en matière d'attraction d'infrastructures informatiques dépendra non seulement des niveaux actuels d'exportation et de la production d'électricité, mais aussi de la capacité de la province à développer ses infrastructures de production, de stockage et de transport, à mesure que la demande augmentera. La Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (SIERE) prévoit que la demande en électricité de l'Ontario augmentera de 65 % d'ici 2050, passant de 152 TWh, en 2026, à 250 TWh, en 2050, selon son scénario de référence. La SIERE considère que le développement économique, l'électrification, la croissance démographique et la demande croissante des installations à forte consommation d'énergie, notamment les centres de données, sont des facteurs importants de cette croissance[36].

Les ressources dont dispose l'Ontario dans les domaines de l'énergie, de l'informatique et de la recherche permettent collectivement le traitement, la simulation et l'analyse de données opérationnelles à grande échelle. Ces capacités trouvent des applications dans les secteurs commercial, public, de la défense et de la sécurité, ce qui confirme leur pertinence pour l'écosystème technologique à double usage de la province.

## Jumeaux numériques et environnements de simulation

Les jumeaux numériques constituent une autre application à double usage de l'infrastructure informatique. Ils sont de plus en plus utilisés pour améliorer la gestion des systèmes industriels complexes, des infrastructures et des environnements opérationnels. En combinant des données opérationnelles en temps réel avec des modèles virtuels, les jumeaux numériques créent des représentations dynamiques de systèmes physiques qui peuvent être surveillées, analysées et testées avant que les décisions ne soient mises en œuvre dans le monde réel[37].

Dans le secteur industriel, les jumeaux numériques aident les fabricants à optimiser leurs chaînes de production, à améliorer le rendement de leurs équipements et à réduire les temps d'arrêt grâce à la maintenance préventive. Les constructeurs automobiles, par exemple, ont recours aux jumeaux numériques pour évaluer les changements de production, valider les modifications de conception et déterminer les améliorations opérationnelles avant de réaliser des investissements matériels[38,39]. Cette même approche est de plus en plus souvent appliquée aux infrastructures critiques et aux activités du secteur public. Les services publics peuvent utiliser les jumeaux numériques pour surveiller le rendement des infrastructures, les organismes de transport peuvent modéliser les perturbations du réseau, et les responsables de la planification des mesures d'urgence peuvent évaluer différents scénarios d'intervention avant que des événements ne se produisent dans la réalité[40, 41].

Les jumeaux numériques sont de plus en plus utilisés pour modéliser et optimiser des systèmes complexes avant que des changements ne soient mis en œuvre dans des environnements réels. NAV CANADA a ainsi mis en place un jumeau numérique qui repose sur l'IA dans l'ensemble de ses centres de contrôle régional afin de faciliter la planification de la capacité de l'espace aérien. Le système combine les données historiques relatives à l'espace aérien et aux vols avec les horaires des employés afin de prévoir les trajectoires de vol, d'estimer la charge de travail des contrôleurs et de recommander des configurations de secteurs jusqu'à 30 heures à l'avance. Cela permet aux équipes opérationnelles d'avoir une vision plus complète de la demande prévue, de la complexité et des besoins en personnel[42].

Des approches similaires sont mises en œuvre dans le secteur de l'automobile. Par exemple, BMW et Mercedes-Benz utilisent des jumeaux numériques pour simuler les opérations en usine, optimiser les processus de production et évaluer les changements de production avant leur mise en œuvre[43,44], tandis que Renault a créé les jumeaux numériques de ses usines et de ses chaînes d'approvisionnement afin d'améliorer la visibilité opérationnelle et la résilience[45]. Dans des contextes à double usage, ces capacités peuvent faciliter la planification logistique, la gestion des infrastructures, la préparation opérationnelle ainsi que la coordination des actifs et des réseaux essentiels.

### Qu'est-ce qu'un jumeau numérique?

Un **jumeau numérique** est le modèle virtuel d'un actif, d'un système ou d'un processus physique. Il repose sur des données en temps réel provenant de capteurs et d'autres sources pour refléter ce qui se passe dans le monde réel et fournir des informations à jour sur le rendement et les activités.

En combinant des données en temps réel avec des informations historiques et des analyses prédictives, les jumeaux numériques peuvent aider les organisations à surveiller les conditions, à tester différents scénarios, à anticiper les défis et à prendre des décisions plus éclairées avant que les problèmes ne surviennent.

Associés au CHP, les jumeaux numériques permettent de réaliser des simulations plus sophistiquées, de tester plus rapidement différents scénarios et d'élaborer des modélisations plus fidèles de systèmes complexes. Des recherches récentes sur les jumeaux numériques s'appuyant sur le CHP montrent également comment intégrer ce dernier dans les processus de travail des jumeaux numériques afin de concilier réactivité en temps réel et simulations nécessitant une grande puissance de calcul, ce qui favorise une prise de décisions plus éclairées au sein de systèmes complexes[46]. En s'intégrant davantage à l'IA, aux réseaux de capteurs et aux infrastructures connectées, les jumeaux numériques passent du statut d'outils de surveillance à celui de

plateformes opérationnelles qui favorisent la compétitivité industrielle, la résilience des infrastructures et le développement des capacités stratégiques.

Si les systèmes numériques et intelligents constituent la base informatique et analytique de nombreuses technologies à double usage, leur valeur se concrétise souvent au moyen de systèmes physiques fonctionnant dans des environnements réels. Dans la section suivante, nous examinerons comment des capacités comme l'autonomie, la mobilité connectée, les technologies de détection avancées et les systèmes sans équipage permettent de transposer l'innovation numérique en applications concrètes dans les domaines des transports, des infrastructures critiques, de la sécurité publique et de la défense.

## Technologie de détection avancée et connaissance de la situation

De nombreuses technologies émergentes à double usage reposent sur la capacité à recueillir, à traiter et à interpréter des renseignements provenant de l'environnement immédiat. Les technologies de détection avancée, notamment les caméras, le lidar, les radars, l'imagerie satellitaire et d'autres plateformes de capteurs facilitent la surveillance, la navigation, la gestion des infrastructures et la connaissance de la situation opérationnelle[47].

Dans le domaine des applications commerciales, les technologies de détection sont utilisées dans les secteurs des transports, de la fabrication de pointe, de l'exploitation minière, de la logistique et de la gestion des infrastructures. Par exemple, les services publics ont de plus en plus souvent recours à des drones équipés de capteurs pour inspecter les réseaux de transport d'électricité, surveiller l'état des infrastructures et cerner les besoins d'entretien de manière plus efficace qu'avec les méthodes d'inspection traditionnelles[48].

Ces mêmes capacités facilitent la connaissance de la situation opérationnelle, la surveillance et la prise de décisions dans le cadre d'applications liées à la sécurité publique et à la défense. De plus en plus, l'avantage concurrentiel ne repose pas uniquement sur la capacité à recueillir des données, mais également sur la possibilité de transformer celles-ci en informations exploitables.

## Communications sécurisées et sécurité cyberphysique

Les systèmes industriels, de transport et d'infrastructure modernes reposent sur des réseaux de communication sécurisés et un échange d'informations fiable. À mesure que les actifs physiques sont de plus en plus reliés aux systèmes numériques, la cybersécurité et la résilience opérationnelle s'imposent désormais comme des capacités technologiques fondamentales plutôt que comme de simples exigences techniques isolées.

La sécurité cyberphysique vise à protéger les systèmes dans lesquels les opérations numériques et physiques sont étroitement intégrées. Les perturbations des plateformes logicielles, des infrastructures de communication ou des actifs connectés peuvent entraîner des conséquences concrètes sur les réseaux de transport, les activités industrielles, les systèmes de sécurité publique et les infrastructures essentielles[49, 50].

Par exemple, en 2021, le groupe cybercriminel DarkSide a mené une attaque par rançongiciel contre Colonial Pipeline, qui transporte environ 100 millions de gallons de carburant par jour entre le Texas et le New Jersey. Cette attaque a été menée dans le cadre d'une campagne d'hameçonnage qui visait les communications non sécurisées afin d'accéder aux systèmes internes. Elle a donné lieu à d'importantes perturbations dans la chaîne d'approvisionnement énergétique, Colonial Pipeline ayant été contrainte de suspendre une partie de ses activités pendant cinq jours afin d'endiguer la propagation du logiciel malveillant. Les pénuries de carburant ainsi occasionnées ont touché des collectivités dans tout l'est des États-Unis et poussé le pays à déclarer l'état d'urgence national[51]. Au-delà de ses répercussions économiques, cette attaque a également mis en évidence les risques pour la logistique de défense, notamment dans le New Jersey, où se trouvent plusieurs installations militaires majeures, dont la base interarmées McGuire-Dix-Lakehurst et la base navale d'Earle[52, 53]. Les opérations militaires qui y sont menées dépendent d'un approvisionnement continu en carburant pour alimenter les aéronefs, les navires, les véhicules terrestres, les activités d'entraînement et les opérations logistiques. Par conséquent, les perturbations des réseaux de distribution de carburant entravent la mobilité militaire, réduisent la préparation opérationnelle, retardent les déploiements et limitent la capacité des organisations de défense à réagir aux menaces émergentes ou aux situations d'urgence[52] [53]. En raison de

ces tendances, la sécurité des communications, l'échange de données fiable et la cyberrésilience deviennent des facteurs de plus en plus importants pour la compétitivité économique, la sécurité publique et les capacités stratégiques.

### Communications spatiales et renseignement géospatial

Les capacités spatiales sont à la base des communications, du positionnement, de la navigation, de la synchronisation, de l'observation de la Terre et de la connaissance de la situation, tant dans le domaine civil que dans le domaine stratégique. Les communications par satellite permettent de rapprocher les régions isolées, de soutenir les réseaux de transport et de faciliter les interventions d'urgence. Elles constituent de plus en plus une infrastructure essentielle pour le commandement, le contrôle et la coordination militaires[54,55]. Le conflit en Ukraine a démontré l'importance opérationnelle des communications par satellite commerciales, lesquelles ont permis d'assurer les communications sur le champ de bataille, le fonctionnement des systèmes sans pilote et la coordination en temps réel entre des forces dispersées, soulignant ainsi la manière dont les services spatiaux commerciaux peuvent contribuer simultanément à la réalisation d'objectifs civils et de sécurité[56,57].

De même, les technologies d'observation de la Terre et de télédétection soutiennent la surveillance des infrastructures, la gestion de l'environnement, l'exploitation des ressources, les interventions en cas de catastrophe et la surveillance du climat, tout en offrant des capacités de renseignement, de surveillance et de reconnaissance. Les prestataires commerciaux fournissent désormais des images et des analyses en temps quasi réel, lesquelles sont de plus en plus intégrées à la planification militaire et à la connaissance de la situation opérationnelle, ce qui atténue encore davantage la distinction entre les applications civiles et militaires[56,58].

Les systèmes mondiaux de navigation par satellite suivent une trajectoire similaire en ce qui concerne le double usage. Initialement mis au point à des fins militaires, les services de positionnement, de navigation et de synchronisation sont aujourd'hui devenus indispensables aux secteurs des transports, de la logistique, des marchés financiers, des interventions d'urgence et des opérations industrielles partout dans le monde; ils demeurent donc des éléments indispensables aux activités militaires modernes[59].

Ensemble, ces technologies fournissent la connectivité, la visibilité et l'infrastructure d'information qui constituent le fondement des économies modernes et des systèmes de sécurité. Les récents conflits ont également mis en évidence leur vulnérabilité face aux cyberattaques, au brouillage, au leurrage et aux menaces cinétiques, ce qui a amené les gouvernements et les alliances de défense à investir dans des architectures satellitaires plus résilientes, des constellations distribuées, la redondance et une meilleure connaissance du domaine spatial pour assurer la continuité des activités au sein d'environnements disputés[55,56].

## 3.2 Applications à double usage dans les secteurs de l'automobile et de la mobilité

Les systèmes autonomes et connectés constituent l'un des exemples les plus évidents de convergence des technologies vers le double usage. Les progrès réalisés dans les domaines des logiciels, de l'intelligence artificielle, de la détection, des communications et de l'informatique permettent aux véhicules, aux équipements et aux infrastructures de fonctionner avec des niveaux croissants d'automatisation, de connectivité et de connaissance de la situation. Ces capacités transforment le transport commercial, les activités industrielles, la sécurité publique et la gestion des infrastructures, tout en donnant lieu à des applications pertinentes dans les domaines de la défense et de la sécurité.

L'écosystème de la mobilité de l'Ontario revêt une importance particulière dans ce contexte. Au sein de la province, la concentration des activités de construction automobile, de développement de logiciels, d'innovation dans le domaine des véhicules connectés, ainsi que des environnements d'essai et des infrastructures de transport de pointe, constitue une formidable assise pour la mise au point et la commercialisation des technologies autonomes et connectées. De nombreuses fonctionnalités actuellement conçues pour des applications de mobilité commerciale présentent un intérêt direct pour des applications plus larges dans les secteurs public, des infrastructures et de la défense.

## Systèmes de mobilité reposant sur l'IA et véhicules définis par logiciel

Les véhicules deviennent de plus en plus des plateformes définies par logiciel qui intègrent connectivité, puissance de calcul, capteurs et prise de décisions fondée sur l'IA. Les systèmes avancés d'aide à la conduite, la maintenance préventive, l'optimisation du parc automobile et la navigation autonome transforment le secteur automobile tout en donnant naissance à des applications pertinentes pour la logistique, la sécurité publique et les activités de mobilité liées à la défense[60].

Les plateformes commerciales de mobilité autonome illustrent bien le potentiel à double usage des technologies connectées et autonomes. Au Canada, des entreprises comme Waabi mettent au point des systèmes de camionnage autonomes qui reposent sur l'IA et combinent perception, simulation, planification d'itinéraire et prise de décisions en temps réel afin d'améliorer le transport de marchandises et les opérations logistiques[61]. Des capacités similaires sont actuellement mises en œuvre au sein d'applications de transport de marchandises autonome et de gestion du parc automobile, où les véhicules connectés s'appuient sur la fusion de capteurs, les réseaux de communication, les systèmes de cartographie et les plateformes de contrôle définies par logiciel pour fonctionner de manière sécuritaire et efficace. Ces technologies montrent comment les progrès réalisés en matière d'autonomie, de connectivité et d'intelligence des véhicules peuvent contribuer au transport commercial, à l'optimisation de la logistique, à la sécurité publique et à la gestion des infrastructures. Comme elles reposent sur des bases technologiques communes, elles présentent également un intérêt pour des applications connexes nécessitant une navigation autonome, une perception de l'environnement et une aide à la prise de décisions[62].

L'Ontario est bien placé pour prendre part à cette convergence. Les centres de connectivité et d'innovation de Ford, situés à Ottawa, à Waterloo et à Oakville, contribuent à faire progresser les capacités en matière de logiciels embarqués, de connectivité, d'autonomie et d'intégration de systèmes. Ces investissements renforcent la position de la province dans le domaine de la mobilité définie par logiciel et jettent les bases d'applications connexes à double usage, notamment la logistique autonome, l'exploitation sécurisée du parc automobile et les plateformes de véhicules intelligents.

## Mobilité connectée et systèmes « de véhicule à X »

Les systèmes de mobilité connectée permettent aux véhicules, aux infrastructures de transport, aux plateformes en nuage et aux autres usagers de la route d'échanger des renseignements en temps réel. Généralement appelés « communications de véhicule à X » (V2X), ces systèmes intègrent des capacités de connectivité, de détection, de traitement de données en périphérie et de partage de données. Dans le domaine du transport civil, la technologie V2X peut contribuer à la prévention des collisions, à la gestion de la circulation, à la surveillance des infrastructures et aux interventions d'urgence. Ces mêmes capacités peuvent permettre d'assurer la sécurité logistique, la coordination des déplacements de véhicules, la protection des infrastructures et la connaissance de la situation dans les milieux de la défense.

L'adoption mondiale des technologies V2X s'accélère, et le marché devrait passer d'environ 2,9 milliards de dollars américains, en 2025, à 18,7 milliards de dollars américains d'ici 2030[63]. La transition vers le V2X cellulaire, soutenue par la 5G et les futurs réseaux sans fil, entraîne également une hausse de la demande d'infrastructures de télécommunications fiables, de calcul en périphérie de réseau et de systèmes routiers connectés. Ces investissements permettent d'établir les fondements numériques de la mobilité autonome, des réseaux de transport de nouvelle génération et de la coordination des opérations entre les réseaux civils et ceux de la sécurité publique et de la défense[63].

Les déploiements civils témoignent de la manière dont ces technologies permettent de créer une vision opérationnelle commune à l'échelle de réseaux de transport complexes. Dans le cadre du projet pilote « New York City Connected Vehicle », mené par le ministère américain des Transports, des milliers de véhicules et des centaines de dispositifs routiers ont été équipés de façon à pouvoir échanger des informations avec les infrastructures de transport et les systèmes de gestion de la circulation. Ces applications comprenaient des alertes de collision avant, des alertes de freinage d'urgence, de l'aide à la navigation aux intersections, les avertissements de changement de voie et des notifications relatives à la sécurité des piétons. Le projet pilote a permis de démontrer comment les véhicules connectés, les capteurs routiers et les

plateformes de partage de données peuvent améliorer la connaissance de la situation et faciliter la prise de décisions coordonnées à grande échelle[64].

Des capacités similaires font actuellement l'objet d'études au Canada, dans le cadre d'initiatives portant sur les véhicules connectés et automatisés (VCA), qui visent à améliorer la sécurité des transports, la mobilité et la performance du réseau. Le Cadre de sécurité de Transports Canada pour les véhicules connectés et automatisés met en lumière l'importance croissante des technologies de communication entre véhicules, entre véhicules et infrastructures, voire de partage de données, pour favoriser des systèmes de transport plus sûrs et plus efficaces[65]. L'Ontario a également désigné la mobilité connectée et automatisée comme une priorité stratégique. Le Plan de préparation aux VCA de la province met l'accent sur le développement de l'infrastructure numérique, des réseaux de communication, des environnements d'essai et des cadres de gouvernance collaborative nécessaires pour soutenir le déploiement de technologies de transport connecté[66]. Ensemble, ces projets témoignent de la manière dont les systèmes de mobilité connectés sont de plus en plus considérés comme une infrastructure numérique fondamentale permettant le partage d'informations en temps réel, la coordination des opérations et la connaissance de la situation à l'échelle de l'ensemble des réseaux de transport.

Des plateformes, comme Waze for Cities et Safety Cloud, de HAAS Alert, mettent en œuvre des fonctionnalités similaires dans le cadre des procédures de sécurité publique. Waze for Cities permet l'échange en temps réel d'informations sur les conditions de la circulation et les dangers et fermetures de routes entre plus de 1 500 municipalités et organismes partenaires, grâce à une plateforme de données partagée qui facilite à la fois la navigation des usagers et la coordination des interventions d'urgence[67]. De la même manière, Safety Cloud, de HAAS Alert, intègre une télématique de qualité automobile et une infrastructure infonuagique afin de fournir aux conducteurs des alertes en temps réel concernant l'approche de véhicules d'urgence et les dangers sur la chaussée. Ces applications montrent comment les données sur la mobilité connectée peuvent renforcer la coordination entre les véhicules, les exploitants d'infrastructures, les services d'urgence et les autorités publiques[68].

Les technologies sous-jacentes sont également adaptées aux besoins de la logistique de défense. Au Canada, le défi du ministère de la Défense nationale, « Livraisons essentielles : approvisionnement de fournitures vitales pour les troupes à l'aide de véhicules autonomes », explore les opérations de convois autonomes, les formations de véhicules en file indienne, la conduite à distance, l'évitement d'obstacles et la navigation autonome dans des environnements complexes[69]. Ces fonctions s'appuient sur des technologies en voie de développement dans les secteurs du transport de marchandises et de la gestion du parc automobile, notamment la perception par capteurs, le contrôle automatisé de véhicules, la planification d'itinéraires et la coordination de déplacements.

L'Allemagne examine également les convois logistiques militaires automatisés dans le cadre de son programme de recherche sur les convois robotisés interopérables (InterRoC). Les démonstrations précédentes faisaient appel à des camions militaires dotés de capacités d'autonomie et fonctionnant dans un schéma « chef et exécutant », tandis que la nouvelle phase InterRoC VII porte sur le contrôle hautement automatisé des convois et sur des formations interopérables au sein desquelles différentes plateformes de véhicules peuvent fonctionner ensemble en toute sécurité et de manière autonome. Ce programme permet d'associer des systèmes de perception et de prise de décisions à de robustes fonctions de planification d'itinéraire et de gestion automatisée de convois, adaptées aux conditions d'exploitation militaires exigeantes[70].

Ensemble, ces initiatives montrent comment les capacités d'autonomie et de connectivité issues du secteur commercial peuvent être adaptées pour améliorer la logistique de défense, réduire l'exposition du personnel et renforcer la coordination opérationnelle. Le déploiement des forces de défense nécessite toutefois des adaptations supplémentaires pour faire face aux terrains accidentés, aux perturbations des communications, à la cybersécurité et à la capacité de survie et répondre à d'autres exigences liées aux environnements disputés.

Dans le domaine de la défense, une connectivité résiliente est également essentielle lorsque les communications terrestres sont inexistantes ou perturbées. Les réseaux satellitaires commerciaux peuvent offrir une solution supplémentaire de connectivité pour les véhicules, le personnel et les systèmes de commandement opérant dans des environnements isolés ou très dispersés. L'utilisation de Starlink en Ukraine a mis en évidence la manière dont les

réseaux de communication commerciaux peuvent soutenir la mobilité, la coordination logistique, la connaissance de la situation et les fonctions de commandement et de contrôle, tant dans les milieux civils que militaires[71].

## Infrastructures connectées, sécurité publique et résilience des systèmes

De plus en plus, de nombreuses technologies de mobilité sont mises en œuvre au-delà du secteur des transports, dans des domaines plus larges liés aux infrastructures et à la sécurité publique. Les systèmes de détection embarqués sont actuellement adaptés pour faciliter la surveillance des infrastructures, l'évaluation de la chaussée, la gestion de la circulation et l'entretien des actifs. Des plateformes, comme la solution DDi, de Michelin, et la plateforme ClearMobility, d'Iteris, montrent comment les technologies de mobilité peuvent fournir aux organismes de transport des données opérationnelles en continu. Grâce à la collecte et à l'analyse de données provenant de véhicules connectés, de systèmes télématiques, d'infrastructures routières, de conditions météorologiques et d'autres sources du réseau de transport, ces plateformes permettent aux organismes d'avoir une vision en temps réel des tendances de la circulation, de la congestion, des risques pour la sécurité, du rendement des infrastructures et des conditions liées aux incidents. Les solutions d'intelligence de mobilité de Michelin s'appuient sur l'analyse avancée et l'apprentissage automatique pour identifier les tronçons routiers à haut risque, surveiller le comportement des conducteurs et soutenir des interventions en matière de sécurité des infrastructures fondées sur des données probantes, tandis que la plateforme ClearMobility intègre les données provenant des infrastructures connectées, des capteurs et des véhicules afin de faciliter la gestion de la circulation, la détection d'incidents et la prise de décisions opérationnelles. Ces exemples mettent en évidence la manière dont les capacités qui sous-tendent la planification des transports et la gestion du trafic peuvent également contribuer aux interventions d'urgence, à la surveillance des infrastructures critiques et, plus largement, à la résilience du secteur public, en fournissant aux décideurs des informations opérationnelles en temps réel pour l'ensemble du réseau[72,73].

Les installations de défense mettent en œuvre des capacités similaires pour renforcer la résilience des infrastructures et la préparation aux situations d'urgence. À la base aérienne de Tyndall, le Centre pour la résilience opérationnelle des installations de l'armée de l'air américaine relie les capteurs des technologies d'exploitation et les systèmes de contrôle des installations afin d'offrir une vue d'ensemble de l'état de la base. Le système facilite la coordination des interventions d'urgence, l'entretien des infrastructures et le partage d'information sécurisé sur le plan cybernétique, tandis qu'un jumeau numérique associé permet aux exploitants de simuler des conditions météorologiques extrêmes et des incidents de sécurité, et d'évaluer les vulnérabilités potentielles avant qu'elles n'aient une incidence sur les activités. Cet exemple montre comment les capteurs connectés, les systèmes de contrôle, les plateformes de données et les capacités de simulation mis au point pour les infrastructures civiles peuvent également renforcer la résilience et la continuité des activités des installations de défense[74].

**Tableau 2 : Exemples d'applications civiles et militaires des principales technologies à double usage**

| Technologies | Défense/applications dans le domaine de la sécurité nationale | Mobilité/utilisations civiles |
|---|---|---|
| IA et analyse avancée | Connaissance de la situation, analyse du renseignement, planification des missions, systèmes autonomes et prise de décisions opérationnelles. | Véhicules connectés, gestion du parc automobile, optimisation logistique, maintenance préventive et surveillance des infrastructures. |
| CHP et infrastructure de calcul | Modélisation et simulation militaires, analyse du renseignement, cyberopérations, défense antimissile, mise au point d'armement perfectionné et connaissance du domaine spatial. | Développement commercial de l'IA, ingénierie automobile, modélisation climatique, recherche sur les énergies renouvelables et simulation de systèmes complexes. |
| Jumeaux numériques et environnements de simulation | Entraînement aux missions, planification opérationnelle, modélisation logistique, état de préparation des biens et résilience des infrastructures. | Optimisation de la production, maintenance préventive, modélisation des transports, surveillance des infrastructures et planification des mesures d'urgence. |
| Détection avancée et vision par ordinateur | Collecte de renseignements, connaissance opérationnelle, détection des menaces, reconnaissance et protection des infrastructures. | Inspection des infrastructures, surveillance des biens, gestion des transports, évaluation de l'état des routes et planification de l'entretien. |
| Communications sécurisées et spatiales | Commandement et contrôle, échange de renseignements, coordination logistique, communications résilientes, positionnement et navigation militaires. | Connectivité par satellite, coordination des transports, interventions d'urgence, connectivité à distance, observations de la Terre et services géospatiaux. |
| Systèmes de mobilité autonomes et connectés | Logistique autonome, système de véhicules terrestres sans équipage, opérations de convoi, coordination sécurisée de véhicules et mobilité tactique. | Conduite autonome, systèmes avancés d'aide à la conduite, communications « de véhicule à X » (V2X), gestion de la circulation et optimisation du parc automobile. |
| Infrastructures connectées, sécurité publique | Résilience des installations de défense, préparation aux situations d'urgence, continuité des activités | Gestion de la circulation, sécurité publique, surveillance des infrastructures, détection |

| Technologies | Défense/applications dans le domaine de la sécurité nationale | Mobilité/utilisations civiles |
|---|---|---|
| et résilience des systèmes | et gestion d'infrastructures cybersécurisées. | des incidents et entretien des infrastructures. |
| Systèmes aériens autonomes | Renseignement, surveillance, reconnaissance, réapprovisionnement, relais de communications et protection des forces. | Lutte contre les feux de forêt, opérations d'urgence, logistique en région éloignée et connaissance de la situation. |

## 3.3 Potentiel des technologies à double usage en Ontario

L'écosystème de la mobilité de l'Ontario offre une base solide pour le développement de technologies à double usage. Bien que de nombreuses entreprises de la province mettent actuellement au point des solutions destinées à des applications publiques et commerciales, les technologies sous-jacentes présentent souvent un intérêt pour les priorités en matière de défense, notamment la connaissance de la situation, les opérations autonomes, les communications résilientes, ainsi que le déplacement du personnel et les approvisionnements essentiels. Les possibilités offertes à l'Ontario vont donc au-delà de la production de plateformes militaires spécialisées. Elles comprennent en effet l'adaptation de technologies mises au point à des fins commerciales à des applications plus exigeantes dans les domaines de la défense et de la sécurité.

Le potentiel de la province est illustré par des entreprises qui se trouvent à différentes étapes de cette transition. Certaines d'entre elles, établies en Ontario, fournissent déjà des services à des clients des secteurs commercial et de la défense, tandis que d'autres ont mis au point des technologies civiles présentant un intérêt avéré pour le domaine de la défense, lesquelles n'ont toutefois pas encore été pleinement commercialisées.

Telesat constitue un exemple particulièrement éloquent parmi les entreprises ontariennes présentes à la fois sur les marchés commercial et stratégique. Grâce à ses réseaux satellitaires de pointe en orbite terrestre basse (LEO) et géostationnaires (GEO), l'entreprise offre des services de communication qui facilitent les déplacements et la coordination de personnes, de véhicules, d'aéronefs, de navires et d'activités essentielles sur de vastes zones géographiques. Ses réseaux assurent la connectivité, la transmission de données et la coordination opérationnelle au sein de divers secteurs, notamment l'aviation, les télécommunications, le transport maritime, l'énergie et les ressources naturelles[75].

La technologie de Telesat témoigne de la manière dont les capacités mises au point pour des applications commerciales de mobilité et de connectivité peuvent également contribuer à la réalisation d'objectifs en matière de défense et de sécurité. Par exemple, les réseaux satellitaires de l'entreprise offrent une connectivité à bord des avions des compagnies aériennes commerciales et assurent les communications dans les régions éloignées et mal desservies. Ces mêmes capacités revêtent une importance croissante pour les opérations de défense, où des communications fiables permettent le commandement et le contrôle, l'échange de renseignements, la coordination logistique et la connaissance de la situation au sein de forces géographiquement dispersées. Elles sont cruciales lorsque les communications terrestres sont inexistantes, perturbées ou vulnérables. Alors que les gouvernements et les organismes de défense accordent une importance croissante aux réseaux de communication résilients et interconnectés à l'échelle mondiale, les systèmes de mobilité et de communication par satellite devraient s'imposer dans le domaine des innovations à double usage[75].

Il existe également des possibilités d'innovations à double usage pour les entreprises qui travaillent sur des technologies destinées aux marchés civils, mais qui ne collaborent pas encore avec des clients des secteurs militaire ou de la sécurité. Mentionnons, par exemple, CityRover, une entreprise technologique établie en Ontario qui utilise l'IA, les données géospatiales et la vision par

ordinateur pour aider les gouvernements à surveiller et à gérer les infrastructures publiques. Sa plateforme permet d'inspecter des infrastructures, comme des routes, des ponts, des voies ferrées et des infrastructures de transport en commun afin d'identifier les dommages, les besoins d'entretien et d'autres problèmes opérationnels. Selon l'entreprise, sa technologie est actuellement déployée dans plus de 500 villes, notamment à Victoria, en Colombie-Britannique, et à Winnipeg, au Manitoba[76].

La caméra intelligente CityRover Edge est l'un des principaux éléments de l'offre de l'entreprise. Il s'agit d'un système embarqué qui permet de capter et d'analyser automatiquement, en temps quasi réel, l'état des infrastructures et de la voirie. La plateforme permet de repérer des biens publics, comme les arrêts de transport en commun, ainsi que les incidents nécessitant une intervention, notamment les nids-de-poule, les infrastructures endommagées et l'accumulation de déchets. Bien qu'elles aient été conçues principalement pour soutenir les administrations municipales et la prestation des services publics, ces technologies pourraient également trouver des applications dans les domaines de la défense et de la sécurité.

La détection des dispositifs explosifs de circonstance en est un exemple. Au cours des récents conflits, notamment en Afghanistan, les dispositifs explosifs de circonstance représentaient l'une des menaces les plus importantes pour les forces de la Coalition. Ces engins, relativement peu coûteux, peuvent être facilement dissimulés le long des routes ou dans des espaces urbains restreints, ce qui en fait une arme de prédilection pour les groupes insurgés et terroristes. Ils sont en effet à l'origine d'environ 66 % des pertes subies par la Coalition pendant le conflit[77].

Selon une étude menée par l'Université technique d'Eindhoven, en collaboration avec le ministère néerlandais de la Défense, les systèmes de caméras intelligentes dotés d'une IA pourraient contribuer à la détection de menaces liées aux dispositifs explosifs de circonstance, grâce à un mécanisme d'alerte précoce. Plutôt que de compter uniquement sur le personnel chargé des inspections visuelles et des patrouilles à pied, on pourrait ainsi recourir à des systèmes de vision par ordinateur pour surveiller les routes et repérer les anomalies ou les objets suspects justifiant une enquête plus approfondie. Une telle approche pourrait réduire les risques pour le personnel, tout en améliorant la rapidité et la cohérence de la détection des menaces[77].

Ce potentiel offre des perspectives plus larges aux entreprises ontariennes spécialisées dans l'intelligence artificielle, la vision par ordinateur et les infrastructures intelligentes. Ces capacités sous-jacentes répondent aux nouveaux besoins en matière de surveillance continue, de protection des infrastructures et de détection automatisée des menaces. Avec quelques adaptations, comme l'ajout de données et de fonctionnalités de sécurité, ainsi que des essais de validation opérationnelle, ces solutions pourraient trouver leur place sur les marchés de la défense. Les établissements de recherche, les grappes technologiques et les environnements d'essai de l'Ontario peuvent aider les entreprises à évaluer ces applications connexes et à valider leurs technologies dans des conditions pertinentes.

FireSwarm constitue un autre exemple de technologie civile pouvant présenter un intérêt pour le domaine de la défense. Cette entreprise canadienne, qui possède des bureaux à Toronto, à Ottawa et à Squamish, développe des systèmes aériens autonomes destinés à la lutte contre les feux de forêt, aux interventions d'urgence et aux éléments essentiels de la logistique. Sa plateforme combine des drones autonomes, des capacités de coordination en essaim, une détection en temps réel et une aide à la prise de décisions reposant sur l'IA afin de soutenir les opérations dans des environnements caractérisés par le risque, la complexité et l'urgence[78]. Grâce à une interface utilisateur unique, FireSwarm permet le déploiement coordonné de plusieurs unités aériennes, offrant ainsi aux intervenants une meilleure compréhension de la situation, une capacité opérationnelle évolutive et une exécution plus cohérente des missions dans des conditions complexes.

La technologie de FireSwarm vise principalement à faciliter la lutte contre les feux de forêt et la logistique dans des environnements isolés ou à haut risque. Ses systèmes aériens autonomes sont conçus pour acheminer de l'eau, de l'équipement et d'autres fournitures essentielles directement dans les zones d'incendie actives, tout en appuyant des interventions soutenues et coordonnées. Ces capacités permettent d'étendre l'accès à des endroits difficiles d'accès ou dangereux pour le personnel, ce qui améliore les opérations, tout en réduisant l'exposition des intervenants[78].

Au-delà de la lutte contre les feux de forêt, les systèmes aériens autonomes de FireSwarm et ses capacités de coordination en essaim présentent des applications à double usage évidentes dans le cadre d'opérations de défense et de sécurité. Les technologies qui permettent à plusieurs drones de coordonner la logistique et la connaissance de la situation dans des environnements d'urgence complexes pourraient également servir à soutenir des missions militaires, telles que l'approvisionnement, la collecte de renseignements, la reconnaissance, la transmission de communications et la protection des forces dans des environnements opérationnels disputés ou isolés. L'adaptation de ces systèmes aux besoins de la défense nécessiterait des capacités supplémentaires en matière de communications sécurisées, de résistance aux interférences, d'interopérabilité et de fonctionnement dans des environnements disputés. Néanmoins, les technologies d'intervention d'urgence à vocation commerciale peuvent servir de base à des applications de défense autonomes et interconnectées[79].

Dans l'ensemble, ces exemples montrent que le potentiel des solutions de mobilité à double usage de l'Ontario s'étend à l'ensemble des systèmes qui permettent aux équipements de communiquer, de percevoir leur environnement, de coordonner leurs activités et de fonctionner en toute sécurité dans des environnements complexes. Ils confirment la pertinence de proposer des solutions en matière de communications, de logiciels, de capteurs, d'autonomie et d'intégration de systèmes, qui garantissent l'efficacité des plateformes de mobilité modernes.

Pour exploiter ce potentiel, il faudra prévoir des mécanismes permettant de passer de la commercialisation dans le secteur civil à l'adoption par le secteur de la défense. Les entreprises ontariennes pourraient avoir besoin d'aide pour cerner les cas d'utilisation pertinents, établir des liens avec des clients du secteur de la défense, valider leurs technologies dans des conditions opérationnelles et répondre aux exigences propres au secteur de la défense.

# 4. Intrants stratégiques et chaînes d'approvisionnement fiables

La compétitivité des industries de haute technologie est de plus en plus tributaire non seulement de leurs capacités d'innovation et de production, mais également d'un accès sûr aux intrants essentiels et à des chaînes d'approvisionnement fiables. Les technologies telles que l'intelligence artificielle, les systèmes autonomes, les communications de pointe, les semi-conducteurs, les batteries et les plateformes de mobilité électrique dépendent toutes de réseaux complexes de minéraux, de matériaux, de composants, de logiciels et de capacités de production. Alors que les gouvernements et l'industrie mettent davantage l'accent sur la résilience, la traçabilité et la sécurité de la chaîne d'approvisionnement, ces réseaux deviennent des atouts stratégiques importants.

L'Ontario occupe une place unique dans ce paysage en évolution, car il allie des ressources minérales critiques, des capacités de fabrication de pointe, un potentiel de traitement et une intégration aux réseaux de production nord-américains. Cette section examine l'importance croissante que revêtent les minéraux critiques, la capacité de traitement et les chaînes d'approvisionnement fiables ainsi que les mesures que l'Ontario peut prendre pour favoriser des chaînes d'approvisionnement plus résilientes et plus stratégiques qui concourent à la fois aux objectifs d'innovation commerciale que de sécurité nationale.

## 4.1 Les minéraux critiques comme intrants stratégiques

La place grandissante des technologies numériques et des systèmes électriques dans les secteurs de la sécurité civile et nationale fait en sorte que les matériaux qui les composent font l'objet d'une demande accrue. Les véhicules électriques, les systèmes de mobilité définis par logiciel, l'infrastructure d'intelligence artificielle, les réseaux de communications de pointe, les semi-conducteurs, les systèmes aérospatiaux et les technologies de défense contiennent tous divers minéraux critiques, dont le gallium, le germanium, le lithium, le nickel, le cobalt, le graphite, le cuivre, des éléments du groupe du platine, des éléments des terres rares, le tungstène, le titane, le manganèse et le béryllium. Par conséquent, les minéraux critiques ne se résument plus à des intrants industriels classiques et deviennent des actifs stratégiques qui façonnent la compétitivité économique, le leadership technologique et la sécurité nationale. À l'heure où les administrations se font concurrence pour mettre au point, fabriquer et déployer les technologies de nouvelle génération, un accès sûr aux minéraux critiques et la capacité à les traiter au sein de chaînes d'approvisionnement fiables sont désormais des facteurs déterminants d'avantage concurrentiel, de capacités souveraines et de résilience dans un environnement mondial contesté.

Les minéraux critiques sont indispensables à de nombreux systèmes de mobilité et de défense à double usage, y compris les batteries, les organes de transmission électriques, les systèmes informatiques embarqués, les capteurs, les radars, les solutions de communications sécurisées et le matériel électronique de pointe. On retrouve dans les technologies conçues pour les véhicules autonomes et connectés plusieurs des matériaux et composants employés dans les systèmes de surveillance, de navigation, de connaissance de la situation, sans pilote et de résilience des communications de la défense. En raison de ces recoupements, l'accès sûr aux minéraux critiques revêt une importance tant pour l'innovation dans le secteur de la mobilité commerciale que pour l'état de préparation en matière de défense [80]. Cependant, l'avantage concurrentiel ne repose pas seulement sur l'accès aux ressources minérales, mais aussi sur la capacité à les traiter, à attirer des investissements, à développer les infrastructures de soutien et les capacités de la main-d'œuvre et à faire avancer des projets en partenariat avec les communautés autochtones.

L'OTAN décrit les matières premières critiques essentielles à la fabrication de systèmes et d'équipements avancés de défense. Les véhicules blindés modernes témoignent de leur importance dans les domaines de la mobilité, de la protection, de la détection et des communications. Par exemple, on retrouve dans les systèmes infrarouges et de vision nocturne des matériaux tels que le germanium, le cuivre et le tantale, tandis que les télémètres laser contiennent des éléments des terres rares, y compris du néodyme et de l'yttrium. L'Ontario est bien placé pour contribuer à ces chaînes de valeur grâce à ses capacités de production actuelles et à ses capacités de traitement en devenir. La province produit activement plusieurs des minéraux d'importance stratégique selon l'OTAN, dont le cobalt, le cuivre, le nickel, le magnésium et les éléments du groupe du platine, en plus de soutenir des activités de traitement et d'affinage de l'aluminium, de l'uranium, du vanadium et du gallium. Par ailleurs, plusieurs projets qui en sont à différents stades de développement devraient renforcer la position de l'Ontario dans le secteur des minéraux

### La capacité de l'Ontario à produire du gallium, intrant stratégique à double usage

Le gallium illustre comment la capacité de traitement des minéraux de l'Ontario pourrait soutenir à la fois les chaînes d'approvisionnement des technologies de pointe et celles de la défense. Le gallium entre dans la fabrication des semi-conducteurs sur lesquels reposent la puissance des ordinateurs, du matériel de télécommunications et des dispositifs optoélectroniques. Il est aussi utilisé dans le secteur de la défense, notamment dans les systèmes de brouillage de radars, les radars de défense antimissile et les satellites. À l'heure actuelle, l'entreprise torontoise Neo Performance Materials, qui est la seule à produire du gallium de haute pureté en Amérique, construit une usine à Peterborough, dont la capacité de production initiale de 5,3 tonnes par année pourrait un jour atteindre 40 tonnes. Cette capacité pourrait réduire la dépendance de l'Amérique du Nord aux chaînes d'approvisionnement chinoises tout en consolidant le rôle de l'Ontario comme producteur de matériaux nécessaires à la fabrication de composants électroniques commerciaux et de systèmes de défense.

critiques et des activités de traitement en aval, notamment les initiatives axées sur les éléments des terres rares, les matériaux de batterie et l'affinage des minéraux. Les ressources disponibles alliées à des capacités de traitement et aux projets en cours dans la province renforcent le rôle de soutien que l'Ontario pourrait jouer dans les chaînes d'approvisionnement de technologies commerciales et pour répondre aux exigences industrielles et de défense des pays alliés.

Les systèmes de radiocommunications et de gestion du champ de bataille ont besoin de cuivre, de gallium, de béryllium, de silicium, d'argent et d'indium. Parallèlement, les alliages de tungstène, le titane, le carbure de bore et les composites haute performance renforcent le blindage des véhicules sans qu'il soit nécessaire d'utiliser de l'acier conventionnel, qui est plus lourd[81]. Comme on peut le voir dans le Tableau 3, les minéraux critiques sont des intrants essentiels dans un vaste éventail de technologies de la défense, y compris les systèmes de mobilité militaire, aéronautiques et spatiaux, de communications sécurisées, de détection, de surveillance, de stockage d'énergie et de propulsion de pointe[81]. Un accès fiable à ces matières favorise la production de défense, l'état de préparation opérationnelle et la capacité technologique.

Si l'électrification des transports est encore à l'origine d'une bonne partie de la demande, les progrès dans l'intelligence artificielle, l'infonuagique, les télécommunications de pointe, les systèmes autonomes et l'infrastructure numérique font en sorte que l'importance stratégique des minéraux critiques augmente. Ces technologies sont tributaires de composants qui nécessitent beaucoup de minéraux, comme les semi-conducteurs, les capteurs, l'équipement de communication, le matériel électronique de pointe et les systèmes de stockage d'énergie[7,82].

Ces intrants sont d'autant plus importants à la lumière des vulnérabilités des chaînes d'approvisionnement mondiales. Même si différentes administrations procèdent à l'extraction de minéraux critiques, seule une poignée de pays s'adonnent à l'affinage, au traitement et à la production de matériaux de pointe. En ce moment, c'est en Chine qu'on retrouve la majeure partie de la capacité mondiale de traitement des terres rares et plus de la moitié de la capacité d'affinage de lithium au monde. Cette concentration crée des dépendances au sein des chaînes d'approvisionnement des batteries, des semi-conducteurs, de la fabrication de pointe et de la défense qui illustrent l'importance stratégique des sources fiables de matières premières et de capacité de traitement en aval[82,83].

Ces risques pèsent particulièrement sur les minéraux qui sont essentiels aux technologies de défense et issus de chaînes d'approvisionnement très concentrées. Le Silverado Policy Accelerator a dressé une liste de 12 minéraux critiques stratégiques dans le secteur de la défense : l'antimoine, l'arsenic, le bismuth, le gallium, le germanium, l'indium, le graphite naturel, les éléments des terres rares, le scandium, le tantale, le tungstène et l'yttrium. Ces matériaux sont utilisés notamment dans les systèmes de missiles, les aéronefs militaires et les munitions. Les États-Unis dépendent exclusivement ou en grande partie de l'importation pour obtenir 9 des 12 minéraux critiques stratégiques. Cette dépendance peut nuire à la production de défense en Amérique du Nord en cas de contraintes en matière d'approvisionnement en raison du contrôle des exportations, d'un conflit géopolitique ou d'autres perturbations. Du côté de l'Ontario, l'exposition à ces risques renforce la valeur stratégique du développement de sources fiables de minéraux et d'une capacité de traitement pour répondre d'une part aux besoins des marchés de technologies commerciales et d'autre part, aux besoins de défense des pays alliés[84].

Il a été déterminé que le Canada pouvait aider à réduire les vulnérabilités de la base industrielle de défense des États-Unis en matière de gallium, de niobium, d'éléments des terres rares, de cobalt et de tungstène. On retrouve ou produit ces minéraux au Canada, qui sont liés directement aux risques attribuables à la chaîne d'approvisionnement qui découlent de sources limitées de production ou de traitement. Cela positionne le Canada, et l'Ontario en particulier, comme des régions susceptibles d'accroître la résilience de la chaîne d'approvisionnement nord-américaine des technologies et de la défense[80].

Le Tableau 3 comprend des exemples d'actifs et de projets liés aux minéraux critiques susceptibles de présenter un intérêt pour les chaînes d'approvisionnement de la défense. Ces actifs en sont toutefois à différents stades de mise en valeur, de production ou de remise en valeur et d'autres permis, investissements dans les infrastructures, financements, validations commerciales ou progrès seront peut-être nécessaires avant que ces projets ne puissent contribuer aux objectifs de résilience de la chaîne d'approvisionnement à long terme.

**Tableau 3 : Exemples de ressources en minéraux critiques disponibles en Ontario pour des applications de défense**

| Applications de défense | Minéraux nécessaires disponibles en Ontario |
|---|---|
| Avions de combat et systèmes aérospatiaux militaires | **Cobalt** (camps miniers de Cobalt-Gowganda et de Sudbury, projet Crawford et mines Lac Des Iles, Montcalm, Redstone, McWatters, Shebandowan et de Temiskaming Shores)<br>**Gallium** (Peterborough)<br>**Niobium** (projet de la Baie-James, projet de Prairie Lake, gisements de Prairie Lake et Martison Lake)<br>**Éléments du groupe du platine** (camp minier de Sudbury et mines Lac des Iles, Shebandowan, Montcalm, Redstone et McWatters)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Titane** (Cercle de feu) |
| Chars d'assaut et véhicules blindés | **Béryllium** (district minier de Thunder Bay)<br>**Cuivre** (camp minier de Sudbury, mine de cuivre Temagami, mines Shebandowan, Lac des Iles, Montcalm, Redstone et Keeley-Frontier)<br>**Gallium** (Peterborough)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Tantale** (district minier de Thunder Bay)<br>**Titane** (Cercle de feu)<br>**Tungstène** (projet Fostung, projet aurifère et de tungstène Monument Bay) |
| Missiles et munitions à guidage de précision | **Cobalt** (camps miniers de Cobalt-Gowganda et de Sudbury, projet Crawford et mines Lac Des Iles, Montcalm, Redstone, McWatters, Shebandowan et de Temiskaming Shores)<br>**Gallium** (Peterborough)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Titane** (Cercle de feu)<br>**Tungstène** (projet Fostung, projet aurifère et de tungstène Monument Bay) |
| Satellites et systèmes spatiaux militaires | **Gallium** (Peterborough)<br>**Éléments du groupe du platine** (camp minier de Sudbury et mines Lac des Iles, Shebandowan, Montcalm, Redstone et McWatters)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Titane** (Cercle de feu) |
| Sous-marins et navires | **Cobalt** (camps miniers de Cobalt-Gowganda et de Sudbury, projet Crawford et mines Lac Des Iles, Montcalm, Redstone, McWatters, Shebandowan et de Temiskaming Shores)<br>**Graphite** (gisement Albany, mine Kearney, projet Bissett Creek, mine Black Donald, zone de Meadow Lake, propriétés Kirkham et Portland)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Titane** (Cercle de feu) |

| Applications de défense | Minéraux nécessaires disponibles en Ontario |
|---|---|
| Systèmes de commandement du champ de bataille et de communications militaires | **Cuivre** (camp minier de Sudbury, mine de cuivre Temagami, mines Shebandowan, Lac des Iles, Montcalm, Redstone et Keeley-Frontier)<br>**Gallium** (Peterborough)<br>**Indium** (Timmins)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Argent** (région de Cobalt, mine Silver Islet, région de Gowganda) |
| Systèmes radars, de défense aérienne et de guerre électronique | **Béryllium** (district minier de Thunder Bay)<br>**Gallium** (Peterborough)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Argent** (région de Cobalt, mine Silver Islet, région de Gowganda) |
| Drones et systèmes sans pilote militaires | **Cobalt** (camps miniers de Cobalt-Gowganda et de Sudbury, projet Crawford et mines Lac Des Iles, Montcalm, Redstone, McWatters, Shebandowan et de Temiskaming Shores)<br>**Lithium** (Separation Rapids, PAK et Spark, Mavis Lake, Raleigh Lake, Root Bay et McCombe, Seymour, région du lac Georgia)<br>**Nickel** (camp minier de Sudbury, mines Shebandowan, Lac des Iles, Montcalm, Redstone, Texmont, Alexo et McWatters)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake) |
| Batteries et plateformes de défense électriques militaires | **Cobalt** (camps miniers de Cobalt-Gowganda et de Sudbury, projet Crawford et mines Lac Des Iles, Montcalm, Redstone, McWatters, Shebandowan et de Temiskaming Shores)<br>**Graphite** (gisement Albany, mine Kearney, projet Bissett Creek, mine Black Donald, zone de Meadow Lake, propriétés Kirkham et Portland)<br>**Lithium** (Separation Rapids, PAK et Spark, Mavis Lake, Raleigh Lake, Root Bay et McCombe, Seymour, région du lac Georgia)<br>**Nickel** (camp minier de Sudbury, mines Shebandowan, Lac des Iles, Montcalm, Redstone, Texmont, Alexo et McWatters) |
| Systèmes de propulsion avancée et hypersoniques | **Cobalt** (camps miniers de Cobalt-Gowganda et de Sudbury, projet Crawford et mines Lac Des Iles, Montcalm, Redstone, McWatters, Shebandowan et de Temiskaming Shores)<br>**Niobium** (projet de la Baie-James, projet de Prairie Lake, gisements de Prairie Lake et Martison Lake)<br>**Éléments des terres rares** (gisements de Martison Lake et Prairie Lake)<br>**Titane** (Cercle de feu) |

Sources : OTAN[81], gouvernement du Canada[82],Silverado Policy Accelerator[84], International Institute for Strategic Studies[85], ministère des Mines de l'Ontario[86], ministère du Développement du Nord, des Mines, des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario[87], FACETS[88].

## Importance des activités de traitement et d'affinage et des matériaux de pointe

La valeur stratégique des minéraux critiques dépend non seulement de l'emplacement de leur extraction, mais aussi de la possibilité de les affiner, de les traiter et de les transformer en matériaux utilisables au sein de chaînes d'approvisionnement fiables. Avant d'être intégrées aux batteries, semi-conducteurs, composants électroniques de pointe ou systèmes de défense, les matières premières doivent subir plusieurs transformations[7,89]. Ainsi, le nickel doit être affiné puis transformé en produits chimiques de qualité batterie, notamment en sulfate de nickel, avant de pouvoir être utilisé dans les véhicules électriques et les systèmes énergétiques de la défense. Quant aux éléments des

terres rares, il faut les soumettre à des processus de séparation et d'affinage avant de les utiliser dans les moteurs électriques, les radars et l'équipement de communication. C'est pourquoi l'affinage, le traitement et la production de matériaux de pointe sont de plus en plus considérés comme des capacités stratégiques au même titre que l'extraction minière[82, 90, 91].

Les mesures de contrôle des exportations chinoises applicables aux éléments des terres rares, aux matériaux de batterie, aux technologies de traitement et aux intrants de fabrication de pointe ont ravivé les inquiétudes au sujet de la résilience de la chaîne d'approvisionnement. À une époque où les gouvernements s'efforcent de réduire leur dépendance envers des sources d'approvisionnement concentrées, l'attention se tourne de plus en plus sur les stratégies qui accroissent la résilience en misant sur une capacité intérieure, la diversification des fournisseurs, des initiatives de recyclage et d'économie circulaire et l'établissement de partenariats avec des marchés internationaux fiables. Dans un tel contexte, on reconnaît de plus en plus l'importance des chaînes de valeur intégrées qui font le pont entre la phase d'extraction minière et les activités d'affinage, de traitement, de production de matériaux de pointe, de fabrication de composants et développement de technologies dans la mise en place de chaînes d'approvisionnement sûres et résilientes.

L'Ontario joue déjà un rôle dans cette transition. En plus d'une somme de 20 millions de dollars américains obtenue du département de la Défense des États-Unis [92], Electra Battery Materials Corporation a reçu 20 millions de dollars canadiens du gouvernement du Canada[93] et 17,5 millions de dollars canadiens d'Investissements Ontario pour l'aménagement de sa raffinerie de sulfate de cobalt[94]. Le sulfate de cobalt est un composé précurseur utilisé dans les grosses batteries des systèmes de défense américains. L'investissement vise par ailleurs à renforcer les chaînes d'approvisionnement dans les domaines des batteries et des minéraux critiques en Amérique du Nord. Le projet illustre comment la capacité de traitement en Ontario peut être mise au service des marchés de la mobilité électrique et des batteries commerciales tout en répondant aux exigences de défense des alliés.

D'où l'importance de ne pas s'en tenir seulement à l'extraction des ressources et de passer à des chaînes de valeur plus intégrées qui comprennent aussi des capacités d'affinage, de recyclage, de production de matériaux de pointe, de fabrication de composants, de mise à l'essai et de commercialisation. Le renforcement de ces capacités permettrait à l'Ontario de retirer une plus grande valeur de ses ressources minérales. Il serait ainsi possible d'accroître la fiabilité des chaînes d'approvisionnement des technologies à double usage, y compris les batteries, les systèmes autonomes, les communications sécurisées, les systèmes de détection et aérospatiaux et les plateformes énergétiques résilientes[92].

## Ressources dans le Nord de l'Ontario et capacité de fabrication dans le Sud de l'Ontario

Les ressources minérales du Nord de l'Ontario alliées à la capacité de fabrication du Sud de l'Ontario jettent les bases d'un écosystème intégré à double usage. La province compte des gisements de nickel, de cobalt, de lithium, de graphite, de cuivre, d'éléments du groupe du platine, d'éléments des terres rares, de tungstène, de niobium et chrome et on y dénombre plusieurs projets axés sur ces minéraux. Plusieurs de ces matériaux entrent dans la composition des technologies commerciales et des systèmes de défense. Selon l'OTAN, le cobalt, le lithium, le platine, le tungstène, le graphite et les éléments des terres rares sont des matières premières essentielles à la production de défense et à l'état de préparation opérationnelle des alliés[81]. Aussi, il est possible pour l'Ontario de relier la mise en valeur des minéraux aux capacités de traitement, de production de matériaux de pointe, de fabrication de composants et de recyclage en place dans la province.

Le projet Fostung, situé à 70 kilomètres environ à l'ouest de Sudbury, illustre comment les chaînes d'approvisionnement nord-américaines en matériaux d'importance stratégique pourraient tirer parti de la richesse de l'Ontario en minéraux critiques. En 2025, United States Antimony a fait l'acquisition de la propriété minière et compte y poursuivre des activités d'exploration et d'évaluation. Un rapport d'évaluation technique datant de 2026 indique que les ressources en tungstène présumées du projet, encore à un stade peu avancé, contiennent environ 53,6 millions de livres d'anhydride tungstique. La densité, la dureté et la résistance à la chaleur du tungstène en font un matériau de choix pour les applications militaires, notamment les pénétrateurs à énergie cinétique, le blindage des chars d'assaut, les contrepoids et les composants aérospatiaux ainsi que pour les applications civiles, par exemple dans le matériel

électronique, les systèmes d'outillage et de soudage et les appareils médicaux. La mise en valeur du projet Fostung pourrait par conséquent appuyer les efforts de fabrication de pointe et ceux des alliés pour moins dépendre de la forte concentration de sources d'approvisionnement et de capacités de traitement étrangères pour le tungstène[95, 96].

Le projet nickélifère Crawford, situé au nord Timmins, montre à quel point la contribution en minéraux du Nord de l'Ontario pourrait être importante et diversifiée. Le projet s'articule autour d'un grand gisement de nickel et on pourrait aussi y produire du cobalt, du chrome, du fer et des éléments du groupe du platine. L'Ontario a accéléré la mise en œuvre du projet au titre de son cadre « Un projet, un processus », tandis que le gouvernement du Canada l'a soumis à l'examen de son Bureau des grands projets. Les premiers marchés visés devraient être ceux des batteries, de l'acier inoxydable et de l'acier vert, mais la production éventuelle de cobalt, de chrome et d'éléments du groupe du platine par Crawford pourrait aussi renforcer la chaîne d'approvisionnement fiable destinée aux secteurs de l'aérospatiale et de la mobilité militaire, des alliages à rendement élevé, de l'électronique et autres activités de fabrication stratégiques. La capacité de traitement de nickel et de production d'alliages en aval du projet sera particulièrement importante pour rendre la chaîne d'approvisionnement de la défense plus résiliente[97, 98].

Les projets de lithium qui progressent dans le Nord-Ouest de l'Ontario constituent une autre avenue pour le double usage. Le financement d'infrastructures par le gouvernement fédéral a permis de réaliser des travaux routiers, électriques et d'ingénierie, ainsi que des activités de mobilisation des Autochtones liés au projet PAK de Frontier Lithium, au projet Georgia Lake de Rock Tech Lithium et à d'autres projets de mise en valeur du lithium envisagés près d'Armstrong et de Nipigon[99,100].

Ces projets serviront principalement à répondre aux besoins des marchés des batteries commerciales, mais le lithium est également employé dans les batteries rechargeables des appareils de communication portatifs, des systèmes sans pilote, de l'équipement de surveillance et d'autres technologies de défense[81]. En reliant les projets de lithium en cours dans le Nord de l'Ontario aux prochaines installations provinciales de conversion chimique et de production de matériaux de batterie ainsi qu'à la capacité de fabrication de pointe et de cellules électrochimiques du Sud de l'Ontario, il serait possible de répondre aux besoins à grande échelle du secteur de la mobilité commerciale tout en développant une chaîne d'approvisionnement fiable pour les applications de stockage d'énergie de la défense[100].

Ensemble, ces exemples montrent que l'intérêt du secteur de la défense pour le Nord de l'Ontario ne limite pas aux gisements de minéraux qui s'y trouvent. La principale occasion à saisir réside dans la capacité à relier les efforts de mise en valeur des ressources aux activités d'affinage, de production de matériaux de pointe, d'alliages et de matières premières pour la fabrication de batteries, aux systèmes de traçabilité ainsi qu'à la production de composants qui ont lieu ailleurs dans la province. La consolidation des liens entre les projets réalisés dans le Nord et les secteurs de l'automobile, de l'aérospatiale, des composants électroniques et de la fabrication de pointe du Sud de la province permettrait à l'Ontario de préserver une valeur accrue et de contribuer à la mise en place en Amérique du Nord de chaînes d'approvisionnement sûres pour la mobilité militaire, les systèmes aérospatiaux, les plateformes autonomes, l'équipement de communication et d'autres technologies à double usage. Ce type d'intégration cadrerait avec les objectifs de la nouvelle stratégie en matière de défense de l'Ontario, qui présente les minéraux critiques, le traitement national et les chaînes d'approvisionnement intégrées comme bases de la croissance industrielle provinciale en matière de défense[101].

## 4.2 Chaînes d'approvisionnement fiables, traçables et résilientes

### Résilience de la chaîne d'approvisionnement

La mise en place d'une chaîne d'approvisionnement résiliente revêt une importance de plus en plus grande pour les technologies de défense et à double usage. Comme les systèmes de défense gagnent en complexité technologique et en interconnexion, leur développement et leur déploiement dépendent de l'accès à un vaste réseau de fournisseurs, de fabricants, de fournisseurs de logiciels, de matériaux critiques et d'infrastructures de soutien. La production de bon nombre des technologies qui sont à l'origine de l'innovation dans les domaines de la fabrication de pointe, de la mobilité connectée, de l'intelligence artificielle, des systèmes de communication, de l'aérospatiale et de la défense repose sur des

chaînes d'approvisionnement intégrées à l'échelle mondiale. Toute perturbation d'un des maillons de ces réseaux peut avoir des répercussions tant sur la production commerciale que sur les capacités de sécurité nationale. Par conséquent, les gouvernements considèrent de plus en plus la résilience de la chaîne d'approvisionnement comme un facteur qui concourt à la sécurité économique, la compétitivité industrielle et la préparation en matière de défense.

Les tensions géopolitiques, les différends commerciaux, les pénuries de semi-conducteurs, les risques liés à la concentration des minéraux critiques et les perturbations logistiques ont mis en évidence les vulnérabilités des systèmes de production intégrés à l'échelle mondiale. Les gouvernements et l'industrie réagissent en diversifiant leurs fournisseurs, en renforçant leurs capacités nationales et en s'approvisionnant davantage auprès d'alliés de confiance. Ces mesures revêtent une importance particulière pour les technologies à double usage, car les produits commerciaux et militaires sont souvent tributaires des mêmes matériaux, composants, plateformes logicielles et capacités de fabrication[102,103,104].

## Chaînes d'approvisionnement fiables et traçables

L'une des principales conséquences de cette évolution est la place grandissante accordée à la transparence et à la traçabilité de la chaîne d'approvisionnement. Ce qui était au départ essentiellement une exigence réglementaire et de développement durable devient de plus en plus une condition préalable à la participation aux écosystèmes des technologies de pointe et de production stratégique. Les constructeurs automobiles, les entreprises technologiques et les organismes gouvernementaux portent une plus grande attention aux critères de transparence des fournisseurs, de traçabilité de l'origine, de performance environnementale et de gestion des risques opérationnels dans leurs décisions d'achat. Des programmes tels que l'outil d'évaluation de la durabilité S-Rating du groupe Volkswagen et l'écosystème Catena-X de BMW montrent à quel point l'accès aux grandes chaînes d'approvisionnement industrielles dépend de plus en plus d'informations vérifiables sur la performance de ces chaînes et d'un partage de données fiables[105, 106].

Les changements réglementaires viennent renforcer ces attentes. Le règlement de l'Union européenne relatif aux batteries imposera la mise en œuvre de passeports numériques pour les batteries à compter de 2027, tandis que des exigences similaires en matière d'approvisionnement et de transparence commencent à être appliquées dans les chaînes de valeur nord-américaines des batteries, des minéraux critiques et de la fabrication de pointe. En raison de ces changements, les chaînes d'approvisionnement qui fournissent des informations vérifiées tout au long du cycle de vie du produit, de l'extraction et de la transformation des matières premières qui les composent à leur fabrication, leur mise en service et leur valorisation en fin de vie, gagnent en popularité[107, 108, 109].

Dans le domaine des systèmes de défense et à double usage, la traçabilité n'a pas seulement une incidence en matière de durabilité et de conformité réglementaire. Les gouvernements doivent avoir l'assurance que les matériaux critiques ainsi que les composants, logiciels et procédés de fabrication essentiels ne comportent aucun risque d'approvisionnement, de sécurité ou opérationnel inacceptable. Des sources d'origine vérifiées conjuguées à une visibilité sur les fournisseurs peuvent contribuer à réduire l'exposition aux administrations hostiles, à cerner les dépendances et à assurer la continuité des activités en cas de perturbations. Ces capacités deviennent donc une exigence stratégique pour les entreprises qui souhaitent participer aux marchés de défense et aux programmes industriels d'alliés.

Il s'agit d'ailleurs d'une exigence du marché de la défense aux États-Unis. Ainsi, le Bureau de la logistique de défense des États-Unis exige des fournisseurs qu'ils documentent la chaîne d'approvisionnement, depuis le fournisseur jusqu'au fabricant approuvé. Les fournisseurs incapables de fournir des preuves acceptables sur les sources d'origine s'exposent aux conséquences suivantes : refus de leurs offres ou matériaux, annulation de commandes ou vérification de leurs produits. La traçabilité constitue donc un mécanisme pratique de contrôle des achats qui permet de vérifier que les composants sont authentiques, conformes aux spécifications techniques et qu'ils proviennent de fournisseurs approuvés[110].

Des règles similaires imposent généralement aux entrepreneurs du secteur de la défense de s'approvisionner en composants électroniques auprès des fabricants d'équipement d'origine ou de fournisseurs approuvés. Si les pièces proviennent d'autres sources, elles devront peut-être être inspectées, mises à l'essai et authentifiées pour prévenir l'utilisation de composants contrefaits ou non

conformes dans les systèmes de défense[111]. Cela montre combien la traçabilité des composants est importante pour les entreprises ontariennes qui souhaitent fournir du matériel électronique, des capteurs, des processeurs, de l'équipement de communication et d'autres technologies à double usage aux marchés de la défense des pays alliés.

Les organisations de défense s'efforcent également d'avoir une meilleure visibilité continue sur leur chaîne d'approvisionnement. Dans un apport publié en 2025, le Defense Business Board recommande de cartographier les chaînes d'approvisionnement essentielles à l'aide de nomenclatures numériques et relatives aux logiciels, en s'appuyant sur la traçabilité des fournisseurs et le suivi en temps quasi réel de certains composants et réseaux à haut risque[112].

## Réseaux d'approvisionnement fiables sur le continent

L'intégration de l'Ontario aux réseaux nord-américains de fabrication et de sécurité jette les bases nécessaires à sa participation aux chaînes d'approvisionnement fiables dans les domaines de la défense et des articles à double usage. Les relations qui existent entre les constructeurs, les fournisseurs, les concepteurs de technologies, les instituts de recherche et les utilisateurs finaux facilitent l'accès aux capacités de production et aux compétences spécialisées à l'échelle du Canada et des États-Unis. Ces réseaux de production transfrontaliers de longue date ont contribué à la mise en place d'écosystèmes industriels fortement intégrés, qui s'articulent autour des activités de construction automobile, de développement de technologies de pointe, de recherche et de la chaîne d'approvisionnement. Maintenant que les gouvernements et les entreprises prêtent une attention accrue à la résilience, à la sécurité et aux partenariats industriels de confiance, la capacité à maintenir de solides relations au sein de ces réseaux continuera d'être un facteur concurrentiel important[113].

Dans le cas des systèmes à double usage, il faut s'assurer que les intrants physiques et numériques proviennent de sources fiables. Ainsi, pour les matériaux, le matériel électronique, les logiciels embarqués, les services infonuagiques et les composants connectés, des preuves quant à la provenance, la sécurité, la conformité aux spécifications techniques et la disponibilité continue peuvent être nécessaires. Il importe de répondre à ces exigences, car les gouvernements et les organisations de défense accordent plus d'importance aux communications sécurisées, aux technologies de détection avancées, aux systèmes autonomes, à la cybersécurité et aux infrastructures résilientes, autant de capacités que l'on retrouve de plus en plus dans les secteurs de la technologie commerciale et de la fabrication en Ontario.

La participation à ces marchés dépendra non seulement des capacités technologiques, mais aussi de la capacité à répondre aux exigences du secteur de la défense en matière de traçabilité, d'assurance logicielle, d'interopérabilité, de fiabilité de la production et de soutien tout au long du cycle de vie. La Stratégie industrielle de défense du Canada, y compris le cadre construire-collaborer-acheter qu'elle applique, vise à renforcer ces capacités en accordant la priorité au développement des capacités nationales, à la collaboration avec des partenaires de confiance et aux efforts visant à permettre aux entreprises canadiennes de participer davantage aux écosystèmes d'approvisionnement et d'innovation du secteur de la défense.

Pour les entreprises ontariennes, cette orientation pourrait mener à l'établissement de nouvelles voies pour l'adaptation de technologies conçues pour le marché commercial en vue d'une utilisation dans le secteur de la défense. De plus, en améliorant la préparation des fournisseurs et en misant sur des réseaux de production fiables, ces entreprises seraient en mesure d'accroître la résilience des chaînes d'approvisionnement de la défense au Canada et en Amérique du Nord.

# 5. Position stratégique de l'Ontario et état de préparation de son écosystème

La capacité de l'Ontario à s'implanter sur les marchés émergents des produits à double usage dépendra non seulement des technologies mises au point dans la province, mais aussi de la solidité et de l'interconnexion du vaste écosystème d'innovation qui les soutient. La réussite des écosystèmes à double usage ne repose pas seulement sur l'excellence en matière de recherche ni sur les diverses entreprises technologiques. Elle dépend de réseaux coordonnés qui mettent en relation les innovateurs avec des structures d'accompagnement à la commercialisation, des infrastructures d'essais, des investisseurs, des fabricants, des utilisateurs finaux ainsi que des chaînes et des voies d'approvisionnement.

L'Ontario peut saisir cette possibilité grâce à ses atouts considérables, notamment l'un des plus grands écosystèmes de l'automobile et de la mobilité en Amérique du Nord, un bon effectif de chercheurs, des capacités de fabrication de pointe, des infrastructures d'essais spécialisées, ainsi qu'un appui politique croissant en faveur de l'innovation et du développement industriel. Dans cette section, nous évaluons dans quelle mesure l'Ontario est prêt à tirer parti de l'importance grandissante des technologies à double usage, à la lumière des capacités de la province, des atouts de son écosystème, des lacunes actuelles et des occasions de renforcer les voies de commercialisation et d'adoption.

## 5.1 Capacité de l'Ontario et possibilités de double usage

Le potentiel de l'Ontario en matière de double usage est indissociable de sa capacité à réunir le développement de technologies à la production à l'échelle industrielle, à l'intégration de systèmes et à la validation en conditions réelles. L'écosystème de l'automobile et de la mobilité de la province rassemble de grands constructeurs automobiles, près de 700 fournisseurs de pièces, des entreprises de niveau 1 d'envergure mondiale, des développeurs de logiciels, des instituts de recherche et des installations d'essais spécialisées [114]. Parallèlement, les investissements en recherche des fabricants d'équipement d'origine (FEO), notamment ceux de Ford dans ses centres de connectivité et d'innovation situés à Ottawa, à Waterloo et à Oakville, ont renforcé la position de l'Ontario dans les domaines des véhicules définis par logiciel, de la mobilité connectée et du développement de systèmes autonomes[115]. L'étendue de ces forces revêt une importance stratégique, car, comme indiqué précédemment, les capacités requises pour les plateformes de défense modernes coïncident de plus en plus avec celles qui sont essentielles aux systèmes de mobilité avancés, notamment les logiciels intégrés, l'autonomie, les capteurs, les communications sécurisées, l'électrification et la fabrication de pointe.

L'écosystème d'innovation de l'Ontario compte également sur des environnements structurés d'essais et de validation. Par l'intermédiaire de son réseau de sites régionaux pour le développement des technologies (SRDT), le ROIV soutient des installations telles que la Zone X.O, un environnement d'essai intégré dédié aux véhicules autonomes, aux technologies de villes intelligentes et aux systèmes de communication de véhicule à X (V2X) qui comprend notamment des réseaux de télécommunications de pointe, des laboratoires de cyberrésilience et des capacités de simulation de conditions réelles[169]. Les organisations peuvent y mettre à l'essai, valider et faire la démonstration de technologies émergentes dans des environnements contrôlés et pertinents du point de vue opérationnel, ce qui les aide à évaluer les performances, la sécurité, la cybersécurité, l'interopérabilité et la préparation au déploiement de leurs solutions[116]. Ces installations pourraient aussi servir à l'évaluation des performances, de la sécurité, de la cybersécurité et de l'interopérabilité des technologies de mobilité présentant un potentiel d'utilisation dans les secteurs de la défense et de la sécurité.

L'infrastructure d'essais de l'Ontario permet aux entreprises d'évaluer des systèmes connectés et autonomes, des technologies de communication, des capteurs et des composants de véhicules dans des conditions réelles ou des environnements contrôlés. Cependant, la démonstration des performances commerciales d'un produit ne garantit pas nécessairement qu'il est prêt à être utilisé dans un contexte de défense. Les technologies destinées à des applications de défense et de sécurité peuvent devoir être utilisées dans différentes conditions, y compris des terrains accidentés, des conditions météorologiques extrêmes, des environnements de communication perturbés et des conditions cybernétiques contestées, tout en répondant à des exigences supplémentaires en matière de sécurité, d'assurance et d'interopérabilité. L'occasion qui s'offre à l'Ontario réside donc non seulement dans le développement de technologies innovantes, mais aussi dans la transformation de ses atouts commerciaux existants en capacités adaptées au secteur de la défense. Pour y parvenir, il faudra renforcer les liens entre les entreprises du secteur de la mobilité, les clients du secteur de la défense, les entrepreneurs principaux, les instituts de recherche, les organismes d'essais et les environnements de validation.

À cet effet, la Stratégie industrielle de défense du Canada considère que bon nombre des relations ainsi solidifiées sont essentielles au renforcement des capacités industrielles nationales et à une participation accrue aux écosystèmes d'innovation et d'approvisionnement dans le domaine de la défense. Les entreprises capables de répondre aux exigences du secteur de la défense en matière de certification de sécurité, de validation opérationnelle, de préparation des fournisseurs et d'intensification de la production seront mieux placées pour intégrer les chaînes d'approvisionnement de défense des pays alliés, tout en continuant de tirer parti des marchés commerciaux qui favorisent l'investissement, l'innovation et le développement des capacités de production[1, 117].

L'élargissement du bassin de fournisseurs ontariens prêts à répondre aux besoins de la défense contribuerait également à la réalisation des objectifs de la stratégie fédérale, car il permettrait de renforcer la production nationale, de conserver la propriété intellectuelle d'importance stratégique et de réduire la dépendance vis-à-vis des sources externes pour les technologies critiques. Pour saisir cette possibilité, il faudra mettre en relation les entreprises ontariennes

avec les clients du secteur de la défense, les entrepreneurs principaux, les processus d'accréditation, les environnements d'essais opérationnels et la demande d'approvisionnement à long terme.

## Harmonisation des politiques, investissements stratégiques et développement de l'écosystème

Les politiques fédérales et provinciales ouvrent aux capacités technologiques et industrielles de l'Ontario une voie plus directe pour répondre aux priorités de la défense. La Stratégie industrielle de défense du Canada s'articule autour de cinq objectifs interdépendants :

- Renforcement des relations du gouvernement avec l'industrie,
- Approvisionnement stratégique au moyen du cadre construire-collaborer-acheter,
- Investissement dans l'innovation de défense,
- Sécurisation des chaînes d'approvisionnement essentielles,
- Collaboration avec des partenaires nationaux.

Elle met également l'accent sur la propriété intellectuelle canadienne, la participation des petites et moyennes entreprises, le développement de la main-d'œuvre et la croissance des exportations. Ensemble, ces priorités permettent de passer d'un financement axé sur des technologies individuelles à la mise en place des capacités industrielles nécessaires pour développer, mettre en œuvre, maintenir et moderniser les capacités de défense au Canada[1].

La politique de défense du Canada, intitulée « Notre Nord, fort et libre », définit les besoins stratégiques qui sous-tendent cet effort industriel. Cette politique accorde la priorité à la souveraineté canadienne, à la défense continentale, à la réforme des marchés publics, à la transformation numérique et à une base industrielle de défense nationale plus innovante[118]. Pour répondre à ces priorités, il faudra plus de capacités adaptées aux secteurs de la mobilité et des technologies en Ontario, notamment dans les domaines des systèmes autonomes, des technologies de détection avancées, des communications sécurisées, des plateformes définies par logiciel et des technologies conçues pour des environnements éloignés ou aux infrastructures limitées. La Stratégie industrielle de défense du Canada fournit le cadre nécessaire au développement, à la mise en œuvre et au maintien de ces capacités sur le territoire national.

Cette orientation cadre étroitement avec la nouvelle politique de défense de l'Ontario. Le cadre pour la Stratégie industrielle de l'Ontario en matière de défense vise à renforcer la base industrielle de la province, à commercialiser des technologies dans des domaines tels que l'intelligence artificielle et les matériaux de pointe, à élargir l'accès aux marchés de la défense et à bâtir des chaînes d'approvisionnement intégrées[119, 120].

L'Ontario compte plus de 300 entreprises du secteur de la défense qui génèrent un chiffre d'affaires annuel de plus de 5 milliards de dollars et emploient directement plus de 13 000 travailleurs[119, 121]. Cela représente 35 % des emplois du secteur de la défense au Canada, principalement dans les spécialisations suivantes : systèmes de mission et de simulation pour aéronefs, fabrication de véhicules de combat et fabrication d'aéronefs et de pièces d'aéronefs.[122] D'un point de vue stratégique, il est possible de relier ces capacités de défense bien établies à l'écosystème commercial et à double usage plus large de la province. Le cadre pour la Stratégie industrielle de l'Ontario en matière de défense met de l'avant la capacité de la province à répondre aux besoins des alliés en matière de défense, à attirer des investissements et à générer des retombées économiques, avec des prévisions faisant état de dizaines de milliers d'emplois et d'une contribution économique se chiffrant en milliards de dollars d'ici 2035[119].

Les investissements fédéraux ciblés constituent un moyen de tisser ces liens. L'Initiative régionale d'investissement dans la défense (IRID) est un programme national doté d'une enveloppe de 379,2 millions de dollars destinée à soutenir l'innovation et la capacité industrielle dans les secteurs de la défense et de la sécurité. Mise en œuvre par les agences de développement régional, cette initiative donne la priorité aux organisations qui fabriquent des produits à double usage dans des domaines tels que l'intelligence artificielle, la cybersécurité, les capteurs, les systèmes autonomes et la fabrication de pointe[123]. Dans le Sud de l'Ontario, du financement totalisant près de 200 millions de dollars est disponible par l'intermédiaire de FedDev Ontario, créant ainsi une importante réserve de capitaux pour les organisations qui souhaitent percer les marchés liés à la défense. Ces programmes offrent aux entreprises ontariennes un parcours bien défini pour passer des applications de mobilité commerciale aux chaînes d'approvisionnement du secteur de la défense. Les entreprises qui développent et valident déjà des technologies dans le cadre des programmes du

ROIV, de projets pilotes le long d'un corridor et d'environnements d'essai sont bien placées pour tirer parti du financement accordé par l'IRID pour s'implanter dans des secteurs connexes[124].

La politique provinciale va dans ce sens. Dans son budget de 2025, l'Ontario a annoncé un financement supplémentaire en capital-risque par l'entremise de Croissance Ontario, y compris des fonds affectés aux technologies liées à l'intelligence artificielle, à la cybersécurité et à la défense nationale [125]. Récemment, la province a ajouté un nouveau volet au Fonds de partenariats en R-D du ROIV qui est axé sur les technologies de défense et à double usage. Ces programmes de financement complètent les programmes fédéraux et servent à soutenir les premiers stades de l'innovation et à faciliter la mise au point d'applications commerciales et stratégiques par les entreprises.

Les entreprises du secteur de la défense déjà implantées en Ontario illustrent les filières industrielles que cette harmonisation des politiques pourrait renforcer. L3Harris WESCAM fournit des systèmes d'imagerie de pointe, [126], MDA Space développe des capacités de surveillance et de communication spatiales [127] et General Dynamics Land Systems – Canada fabrique des véhicules militaires. [128] Ces entreprises sont autant d'exemples de la capacité de l'Ontario à allier des technologies spécialisées à l'intégration de systèmes et à la production. Elles peuvent également offrir des débouchés aux fournisseurs commerciaux qui mettent au point des logiciels, des capteurs, des composants électroniques, des matériaux, des procédés de fabrication et des technologies de mobilité.

Le contexte politique favorise également la commercialisation à un stade précoce. Les capitaux investis par les administrations provinciales dans les domaines de l'intelligence artificielle, de la cybersécurité et des technologies de défense nationale peuvent compléter les programmes fédéraux de développement commercial en aidant les entreprises à développer et à conserver des capacités stratégiques avant de démarcher des clients du secteur de la défense. Il s'agit d'un aspect non négligeable pour les entreprises du secteur des technologies à double usage, pour qui la préservation des revenus commerciaux doit aller de pair avec des investissements dans les attestations de sécurité, l'assurance produit, les essais opérationnels, la protection de la propriété intellectuelle et les exigences de production propres au secteur de la défense.

Le principal enjeu ne consiste donc pas à savoir si l'Ontario dispose de capacités applicables à la défense, mais s'il est possible de les faire passer efficacement du stade de développement commercial à leur adoption par le secteur de la défense. Une harmonisation efficace passera par des signaux clairs concernant la demande, la mobilisation précoce des clients du secteur de la défense et des entrepreneurs principaux, du soutien en matière d'accréditation et d'essais et la mise en place de voies d'approvisionnement qui facilitent le passage des technologies à la phase de production. Elle nécessitera également l'adoption de mesures pour conserver la propriété intellectuelle, les capacités de production et les services de soutien tout au long du cycle de vie en Ontario. Ces liens aideraient à faire en sorte que les investissements stratégiques se traduisent en vaste bassin de fournisseurs qualifiés, en chaînes d'approvisionnement nationales plus solides et en capacités évolutives qui répondent à la fois aux besoins du marché commercial et à ceux du marché de la défense des pays alliés.

## 5.2 Atouts, lacunes et possibilités au sein de l'écosystème

Un écosystème à double usage rassemble les entreprises, les instituts de recherche, les investisseurs, les organismes gouvernementaux, les propriétaires d'infrastructures, les utilisateurs finaux et les partenaires de commercialisation nécessaires au développement de technologies qui se prêtent autant à des applications civiles qu'à des applications de défense ou de sécurité. Pour saisir les possibilités qui s'offrent à l'Ontario en matière de mobilité à double usage, la province doit pouvoir compter sur des entreprises ou des technologies particulières, en plus d'être en mesure d'établir des liens efficaces entre le secteur de la construction automobile, le domaine de l'innovation en matière de mobilité, les clients du secteur de la défense, les instituts de recherche, les environnements d'essai, les capitaux et les programmes de soutien à la commercialisation. Un écosystème performant doit pouvoir prendre en charge toutes les étapes par lesquelles doit passer une technologie, qu'il s'agisse du développement commercial, de l'adaptation aux besoins de la défense, de la validation opérationnelle, de l'intégration des systèmes, de la production, de l'approvisionnement ou du soutien à long terme. De même, la Stratégie industrielle de défense du Canada souligne l'importance de renforcer les relations entre le gouvernement, l'industrie, les innovateurs, les instituts de

recherche et les fournisseurs nationaux, qui sont indispensables pour développer et maintenir les capacités de défense[1].

L'Ontario amorce cette transition, fort de solides assises industrielles et technologiques. Comme mentionné dans la section 5.1, la province dispose déjà d'une base industrielle de défense et compte sur un écosystème bien plus vaste dans les domaines de l'automobile, de la mobilité, des logiciels et de la fabrication de pointe. Ainsi, seulement dans le Sud de l'Ontario, on retrouve plus de 900 organisations en mesure d'approvisionner le secteur de la défense qui se distinguent dans les domaines de la fabrication de pointe, de l'aérospatiale, des technologies automobiles, de la cybersécurité, de la robotique et de l'intelligence artificielle[129]. Cela ne signifie pas que chaque organisation est actuellement en mesure d'intégrer les chaînes d'approvisionnement des programmes de défense. Cela montre plutôt que l'Ontario dispose d'un important bassin d'entreprises dotées de technologies, de capacités de production et de compétences techniques potentiellement transférables qui pourraient renforcer la grappe de fournisseurs dans les secteurs de la défense et des biens à double usage.

Il importe donc de faire la distinction entre une entreprise capable d'intégrer le marché de la défense et une organisation qui est prête à le faire. Par exemple, une entreprise du secteur de la mobilité peut disposer de logiciels, de capteurs, de batteries, de systèmes autonomes, de composants de véhicules ou de procédés de fabrication ayant fait leurs preuves sur le plan commercial et présentant un véritable potentiel d'application dans le secteur de la défense. Toutefois, pour participer à des programmes de défense, il peut aussi être nécessaire de répondre à un éventail d'exigences : qualification auprès du client, sécurisation des marchés, contrôles de cybersécurité et d'assurance de l'information, conformité en matière d'exportation, assurance de la production, intégration avec d'autres systèmes et capacité à fournir un soutien tout au long du cycle de vie. Le principal défi pour l'écosystème ontarien ne réside pas dans l'absence de capacités adaptées. Il s'agit de mettre en place des voies plus claires et plus efficaces permettant de transformer les atouts du secteur de la mobilité commerciale en solutions capables de répondre aux exigences opérationnelles et d'approvisionnement de la défense. La Figure 2 illustre l'écosystème ontarien de la mobilité à double usage ainsi que ses atouts, ses lacunes et les possibilités qu'on y trouve.

## Atouts de l'Ontario au sein de la chaîne de valeur des technologies à double usage

L'éventail de capacités disponibles tout au long de la chaîne de valeur de la mobilité constitue le principal atout de l'Ontario. La province abrite des activités dans les secteurs de la fabrication de plateformes de véhicules, de la construction automobile, des logiciels embarqués, de l'autonomie, des technologies de détection, de l'électrification, des batteries, des technologies de production de pointe et des services d'ingénierie. Ces capacités sont applicables à la mobilité dans le domaine de la défense, car les couches technologiques des véhicules militaires et systèmes logistiques modernes sont de plus en plus identiques à celles que l'on retrouve dans les véhicules commerciaux de pointe : architectures définies par logiciel, communications sécurisées, intégration de capteurs, gestion de l'énergie, navigation automatisée, gestion intelligente de parcs de véhicules et fabrication de précision.

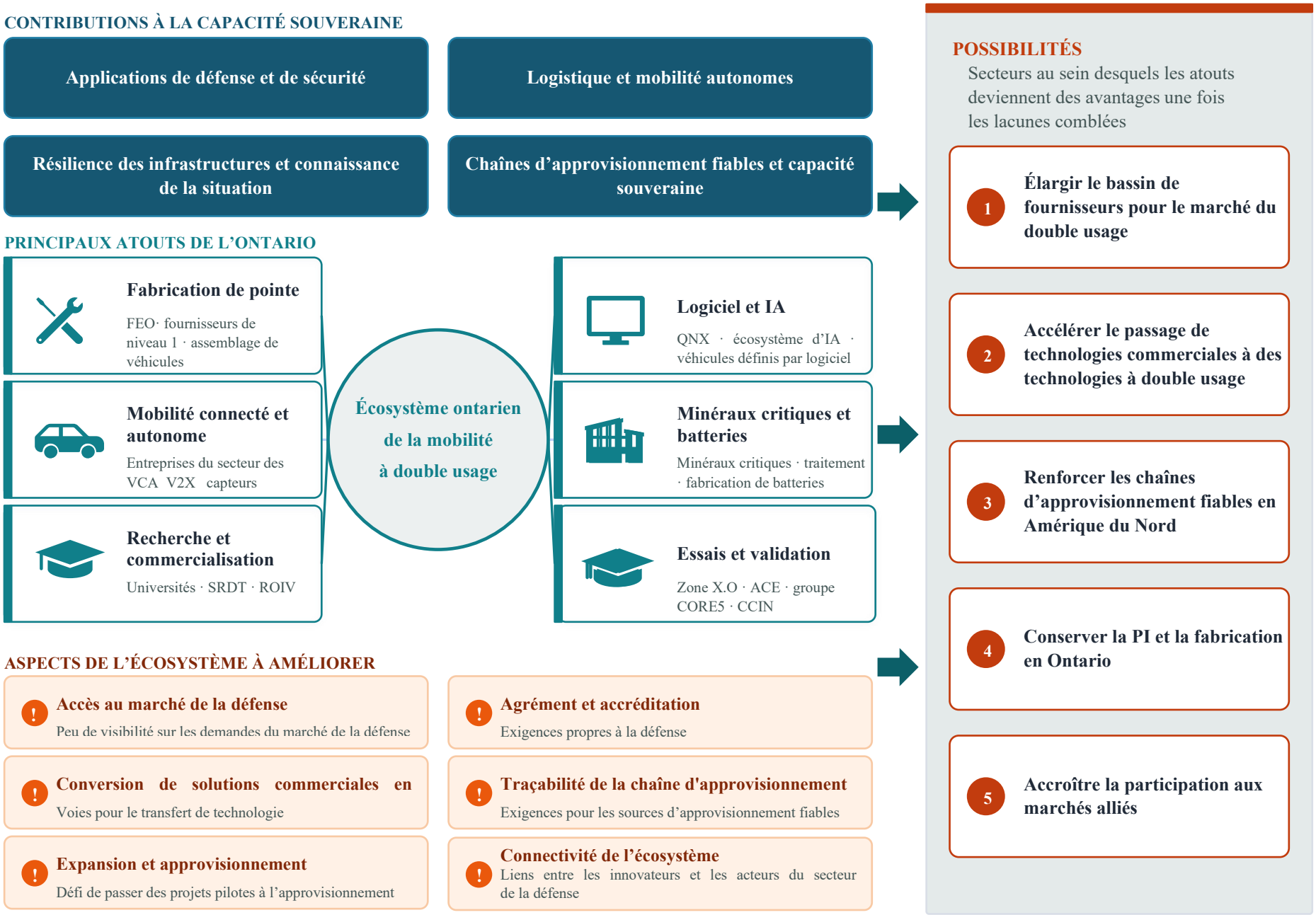
Dans le secteur des plateformes, l'Ontario compte des entreprises qui allient déjà des capacités de construction automobile commerciale et des activités de conception et fabrication pour le secteur de la défense[130]. Entreprise établie à Brampton qui figure parmi les principaux fournisseurs du secteur canadien de la défense, Roshel conçoit et fabrique des véhicules blindés destinés à l'armée, aux forces de l'ordre et aux services d'intervention d'urgence[131]. Son modèle axé sur les produits illustre l'une des voies par lesquelles l'écosystème de l'automobile de l'Ontario peut soutenir la mobilité dans le domaine de la défense : intégration de plateformes de véhicules offertes sur le marché et de composants automobiles éprouvés à des systèmes spécialisés de blindage, de suspension, de communication, de surveillance et de protection afin de répondre à des exigences opérationnelles plus strictes. Le recours par Roshel à une plateforme de véhicule modulaire montre également que la stratégie de double usage repose parfois davantage sur l'intégration et l'adaptation de technologies commerciales que sur le développement de tous les composants au sein d'une chaîne d'approvisionnement exclusivement dédiée à la défense[132].

Même si elle dispose d'une chaîne d'approvisionnement intégrée verticalement, Roshel achète aussi des composants à double usage auprès de fournisseurs nationaux, tels que des châssis de camions commerciaux Ford et des moteurs

provenant d'un fournisseur canadien. Elle contribue également à développer les talents et l'expertise locale indispensables à l'écosystème du double usage[130].

L'Ontario compte par ailleurs d'innombrables fournisseurs qui disposent des capacités industrielles requises pour produire, modifier et entretenir ces plateformes. Ainsi, les entreprises spécialisées dans l'outillage, l'automatisation, la fabrication de précision, la réparation, l'ingénierie et la fourniture de pièces peuvent intervenir aussi bien dans la production de véhicules civils qu'au sein des flottes de la défense. Les solutions d'automatisation des processus et de robotique d'Armo Tool destinées aux secteurs de l'automobile, des poids lourds, de la défense et du nucléaire[133] ainsi que les services de réparation et de fabrication de pièces de véhicules militaires offerts par JROBERTS Defence en constituent des exemples[134]. La valeur stratégique de ces entreprises découle du fait qu'elles peuvent fournir des composants individuels, mais aussi de leur capacité à appliquer les principes éprouvés de la production automobile, tels que la fabrication reproductible, le contrôle de la qualité, la coordination des fournisseurs et le soutien technique, aux besoins spécialisés de la défense, qui sont caractérisés par de faibles volumes.

**Figure 2 : Écosystème ontarien de la mobilité à double usage**



L'Ontario occupe également une place importante dans le domaine des couches logicielles nécessaires à la mobilité de nouvelle génération. Maintenant que les véhicules et les plateformes de défense sont de plus en plus définis par logiciel, les systèmes d'exploitation intégrés, la cybersécurité, les performances déterministes, la facilité d'actualisation et le soutien logiciel à long terme deviennent des éléments indispensables à la fiabilité de ces plateformes. La collaboration entre l'entreprise de Waterloo QNX et TKMS montre comment l'expertise acquise dans le secteur automobile et sur d'autres marchés essentiels à la sécurité peut être transposée au domaine de la défense. Dans le cadre de ce partenariat, TKMS prévoit utiliser le logiciel de base de QNX dans ses plateformes navales de nouvelle génération, pour favoriser la résilience des systèmes intégrés, la longévité des plateformes et l'interopérabilité. Bien que cette application concerne le domaine maritime plutôt que routier, elle illustre concrètement comment les capacités de l'Ontario en matière de mobilité définie par logiciel peuvent être appliquées à des plateformes de défense complexes[135].

L'électrification peut aussi servir d'intermédiaire entre la mobilité civile et les applications de défense. Les entreprises ontariennes qui mettent au point des systèmes de gestion de batteries, des batteries à haute densité énergétique, des technologies de gestion thermique, des composants électroniques de puissance et des systèmes de recharge peuvent jouer un rôle dans les domaines des systèmes sans pilote, des capacités de veille silencieuse, de l'alimentation auxiliaire, des appareils de communication portatifs et des plateformes logistiques électriques. À titre d'exemple, l'entreprise d'Ottawa GBatteries met au point des systèmes de gestion intelligente des batteries ainsi que des batteries à haute densité énergétique pour le secteur de la mobilité électrique, qui sont utilisés notamment dans des drones, des véhicules et des plateformes de micromobilité [136]. Le potentiel d'application de ces technologies dans le domaine de la défense dépendra de leur capacité à répondre à des exigences plus strictes en matière de sécurité, de poids, d'autonomie, de température, de fiabilité, de contrôle sécurisé et de fonctionnement dans des conditions difficiles. Ainsi, l'occasion qui se présente à l'écosystème ne consiste pas simplement à déterminer quelles entreprises du secteur des batteries peuvent être au service du « double usage », mais également à faciliter le recensement des technologies qui présentent un véritable potentiel d'application opérationnelle et à définir les tâches d'ingénierie et de validation supplémentaires nécessaires.

La grappe de mobilité connectée et autonome de l'Ontario offre un éventail particulièrement large de capacités présentant un potentiel de double usage. Plus de 400 entreprises de la province sont spécialisées dans le développement de véhicules connectés et autonomes, ainsi que dans la mobilité intelligente[137]. Leurs activités couvrent des domaines tels que la perception, l'intelligence artificielle, les contrôleurs de véhicules, la simulation, la cartographie, la télématique, la gestion de parcs de véhicules, la connectivité et l'intégration des infrastructures. Il s'agit de capacités commerciales variées, mais beaucoup d'entre elles possèdent les couches technologiques nécessaires à la logistique autonome, aux systèmes terrestres sans équipage, à la coordination des flottes, à la planification d'itinéraires, à la surveillance des infrastructures et à la mobilité dans des environnements isolés ou dangereux.

La taille de cette grappe ne doit pas être interprétée comme une estimation du nombre d'entreprises prêtes à intégrer le secteur de la défense. Elle témoigne plutôt de l'étendue du portefeuille de technologies potentielles de l'Ontario. Il serait préférable d'évaluer l'état de préparation des écosystèmes en fonction du nombre d'entreprises qui ont un cas d'utilisation précis dans le secteur de la défense, une propriété intellectuelle canadienne susceptible d'être protégée, une technologie pouvant être adaptée sans nuire à leur marché commercial, un accès à des environnements de test pertinents et une voie d'accès crédible à un entrepreneur principal ou un client du secteur public. Ainsi, plutôt que de servir à dénombrer les entreprises présentant un potentiel, l'évaluation viserait à déterminer si elles sont prêtes à passer des applications de mobilité commerciale à celles qui se prêtent à un double usage.

Dans l'ensemble, l'avantage de l'Ontario ne repose pas sur une seule technologie de défense ni sur un seul fabricant. Il réside dans la possibilité de mettre en relation des plateformes automobiles et des fournisseurs dotés de capacités de production à l'échelle commerciale avec des entreprises du domaine de la défense, des développeurs de logiciels, des entreprises spécialisées dans les batteries et l'autonomie, des instituts de recherche et des intégrateurs de systèmes. Ces capacités variées permettent de soutenir l'innovation dans tous les aspects du système de mobilité, y compris les

matériaux et les composants, les plateformes de véhicules, les logiciels intégrés, les communications, l'exploitation des flottes et le soutien.

La fragmentation de cette chaîne de valeur constitue la principale lacune. Les entreprises du secteur de la mobilité commerciale ne comprennent peut-être pas les besoins du secteur de la défense, tandis que la visibilité des clients et des entrepreneurs principaux de ce secteur sur les technologies issues des marchés civils est peut-être limitée. Il se peut également que la recherche ne cadre pas avec les besoins opérationnels, que des produits commercialement viables ne répondent pas aux exigences du secteur de la défense, et que des technologies prometteuses n'arrivent pas à franchir les étapes qui séparent les phases de démonstration et d'approvisionnement. L'Ontario se voit donc offrir l'occasion de renforcer les voies qui permettent d'adapter les capacités commerciales au domaine de la défense, tout en préservant les marchés civils qui garantissent un volume d'activité suffisant, des investissements et le développement continu des produits.

Dans les prochaines sous-sections, nous évaluons les principaux atouts qui soutiennent cette transition : les capacités de recherche, une production industrielle évolutive et l'infrastructure d'essais. Nous examinons également si ces atouts constituent un parcours intégré menant de la recherche au déploiement, ou si elles restent un ensemble de capacités solides, mais insuffisamment reliées entre elles.

## Capacité de recherche et de commercialisation

### Instituts de recherche de calibre mondial

Les instituts de recherche de l'Ontario disposent de capacités scientifiques et techniques directement liées à la prochaine génération de systèmes de mobilité et de défense. Ils excellent particulièrement dans les domaines suivants : l'intelligence artificielle, les systèmes autonomes, la robotique, les batteries, les matériaux de pointe, l'électronique de puissance, la cybersécurité, l'intégration des véhicules et la simulation. Ces capacités concourent à l'innovation dans le secteur automobile commercial tout en jetant les bases technologiques nécessaires à la logistique autonome, aux systèmes de véhicules résilients, aux plateformes sans équipage, aux communications sécurisées et à la mobilité dans des environnements éloignés ou difficiles.

La valeur stratégique de cet écosystème ne dépend toutefois pas uniquement du nombre ou de la qualité des recherches. L'écosystème du double usage nécessite la mise en place de mécanismes qui font le pont entre la recherche et des besoins opérationnels précis, des activités de développement menées par l'industrie, une stratégie en matière de propriété intellectuelle, l'intégration des systèmes, la validation et l'accès à un client capable d'adopter la technologie mise au point. Il est ainsi possible pour l'Ontario de mettre à profit ses capacités de recherche dans le cadre d'une voie de commercialisation des solutions de mobilité connectée, plutôt que de considérer les universités et les laboratoires comme des ressources qui fonctionnent en vase clos au sein de l'écosystème. Le Tableau 4 présente les instituts dotés des capacités nécessaires pour emprunter cette voie et la manière dont leurs travaux peuvent contribuer aux applications de mobilité civile et de défense.

**Tableau 4 : Exemples d'instituts de recherche qui soutiennent l'innovation à double usage en Ontario**

| Établissement | Description des centres et laboratoires et de leur contribution à l'innovation à double usage |
|---|---|
| Université de Waterloo | L'écosystème de recherche automobile de Waterloo soutient plusieurs technologies qui ont une utilité dans les secteurs civil et de la sécurité. L'Ontario Battery and Electrochemistry Research Centre (OBEC) développe des compositions chimiques de nouvelle génération pour les batteries, des matériaux de cellules et des procédés de fabrication destinés aux véhicules électriques, aux systèmes de stockage d'énergie et aux plateformes de défense électriques. Le Centre for Automotive Research (CAR) compte plus de 60 chercheurs spécialisés dans les systèmes connectés et autonomes, les logiciels, les capteurs et les systèmes électroniques des véhicules, des capacités essentielles à la fois aux solutions de mobilité commerciale et aux applications de sécurité destinées aux systèmes autonomes[138]. L'Université de Waterloo est également membre du Waterloo Dual-Use Technology Consortium, au sein duquel elle met ses activités de R-D en matière de technologie quantique, d'IA et de matériaux de pointe au service de l'écosystème régional du double usage[139]. |

| Établissement | Description des centres et laboratoires et de leur contribution à l'innovation à double usage |
|---|---|
| Université McMaster | Les travaux de recherche axés sur l'automobile et les matériaux réalisés à l'Université McMaster contribuent au développement de technologies à double usage essentielles à l'électrification, au stockage d'énergie et à la fabrication de pointe. Le McMaster Automotive Resource Centre (MARC) mène d'importants travaux de recherche sur l'électrification des véhicules, tandis que le Magnetic Resonance and Materials for Energy Storage Lab est spécialisé dans les matériaux de batteries, y compris leur comportement en matière de dégradation et de sécurité, des capacités pouvant être utiles dans les secteurs des transports, de la résilience énergétique et des systèmes énergétiques de la défense [140]. L'Université McMaster participe également à la recherche à double usage par l'intermédiaire du Vaid Lab for Dual-Use Technologies, qui se penche sur les moyens d'adapter des technologies de la défense pour le secteur commercial[141]. |
| Université de Toronto | Au sein de son département de génie mécanique et industriel, de son réseau Electric Vehicle Innovation Ontario (EVIO) et de son Institut de robotique, l'Université de Toronto mène des recherches portant sur les systèmes de véhicules, l'électronique de puissance, la robotique et les systèmes autonomes[142, 143]. Ces capacités soutiennent le transport commercial et la fabrication de pointe, tout en contribuant au développement de technologies généralement associées à des applications à double usage, telles que les plateformes autonomes, les systèmes de détection et les systèmes de mobilité intelligents. L'écosystème de commercialisation de l'université, dont fait partie MaRS, facilite la transposition de ces technologies en produits et en entreprises prêts à intégrer le marché. L'Université de Toronto renforce son soutien à l'innovation et à la recherche à double usage grâce au volet Défense du programme Creative Destruction Lab (CDL), qui offre du financement et du mentorat aux entreprises scientifiques qui conçoivent des solutions à double usage[144]. |
| Université de Windsor | Les atouts de Windsor en matière de recherche cadrent étroitement avec les nouvelles priorités à double usage en matière d'électrification, de réseaux électriques et de cybersécurité. Le Centre for Automotive Research and Education (CARE) se consacre à la mise au point de groupes motopropulseurs, de moteurs et de composants électroniques de puissance des véhicules électriques, tandis que le Centre d'excellence en cybersécurité automobile SHIELD développe une expertise en matière d'assurance logicielle, de cyberrésilience et de sécurité des véhicules connectés. Ces capacités contribuent à la fois à la mobilité commerciale et à la protection des systèmes de transport et de défense, qui sont de plus en plus interconnectés[145, 146]. |
| Université technologique de l'Ontario | Le Centre d'excellence automobile (ACE) de l'Université technologique de l'Ontario dispose d'une infrastructure d'essai spécialisée permettant de valider des véhicules et des composants dans des conditions d'exploitation extrêmes. Cette capacité présente une utilité non seulement pour le secteur du transport commercial, mais aussi pour les véhicules militaires et de sécurité publique qui doivent fonctionner dans des conditions difficiles. Grâce à ces caractéristiques, l'installation de recherche fondamentale et soufflerie aérodynamique climatique ACE fait partie du réseau de centres d'essai du DIANA de l'OTAN[147]. Le laboratoire de recherche en énergie propre de l'université soutient des projets de démonstration de technologies de l'hydrogène destinées aux parcs de véhicules commerciaux, au transport lourd et aux environnements opérationnels à résilience énergétique[148]. |
| Université Western | Par l'intermédiaire de l'Emergent Mobility for Resilient Communities Lab, l'Université Western met son expertise au profit du domaine des systèmes de transport connectés, électriques et autonomes. Ces technologies présentent un intérêt tant pour la mobilité civile que les réseaux de transport résilients, en facilitant notamment les interventions d'urgence et les opérations à distance. L'Université Western a conclu plus de 300 partenariats avec l'industrie pour mener des recherches sur les technologies à double usage dans les domaines suivants : terrestre, maritime, aérien, spatial et cybernétique[149]. |

| Établissement | Description des centres et laboratoires et de leur contribution à l'innovation à double usage |
|---|---|
| Université Carleton | Les capacités de l'Université Carleton en ingénierie et en design industriel ont été au service du développement du projet Arrow, qui a mis en évidence l'expertise du Canada en matière d'intégration avancée des véhicules, d'électrification et d'ingénierie des systèmes. Ces capacités trouvent leur application dans divers secteurs à double usage au sein desquels les plateformes de mobilité avancées, les systèmes électriques et la conception des véhicules revêtent une importance croissante[150]. Par ailleurs, l'Université Carleton abrite le National Centre for Critical Infrastructure Protection, Security and Resilience (NC-CIPSeR), qui rassemble des acteurs gouvernementaux, de la recherche et de l'industrie autour des questions liées aux infrastructures et à la sécurité [151] . Le NC-CIPSeR soutient notamment la recherche sur les technologies à double usage, telles que les petits réacteurs nucléaires modulaires utilisés comme sources d'énergie mobiles dans les bases militaires qui assurent la sécurité de l'Arctique canadien[152]. |

### Sites régionaux pour le développement des technologies (SRDT)

Les atouts de l'Ontario en matière de recherche sont renforcés par les neuf sites régionaux pour le développement des technologies. (SRDT) du ROIV, un réseau de commercialisation provincial qui bénéficie d'un investissement d'environ 70 millions de dollars canadiens. Ce réseau met en relation des établissements postsecondaires, des PME, des incubateurs et des utilisateurs finaux, permettant ainsi aux entreprises d'avoir accès à une expertise technique, à des équipements spécialisés, à du soutien commercial et à des partenariats avec l'industrie. Pour les entreprises du secteur de la mobilité à double usage, ces ressources peuvent contribuer à transposer des activités de recherche dans les domaines de l'autonomie, de la détection, de la cybersécurité, des matériaux de pointe et du stockage d'énergie en prototypes intégrés et en produits commercialement viables[153].

Les environnements d'essai et de démonstration soutenus par le ROIV permettent de franchir un pas de plus vers le déploiement. Les projets pilotes de gestion du trafic basés sur l'IA et la 5G menés à Toronto et dans la zone pilote du ROIV à Vaughan ont permis à plus de 100 entreprises en démarrage et PME d'évaluer leurs technologies de mobilité dans des conditions réelles. Même si les démonstrations commerciales ne permettent pas d'évaluer si les solutions sont prêtes à être utilisées dans un contexte de défense, elles peuvent fournir des données sur les performances, la sécurité, l'interopérabilité, la fiabilité des communications et l'évolutivité. Celles-ci peuvent faciliter les efforts ultérieurs d'adaptation et de mise à l'essai visant à répondre à des exigences de défense plus strictes[154] [155].

Ensemble, les instituts de recherche et le réseau de commercialisation de l'Ontario constituent une nouvelle avenue possible pour transposer l'expertise scientifique en technologies de mobilité à double usage déployables. Le renforcement des liens entre ces atouts aiderait les entreprises à vocation commerciale à recenser les technologies qui présentent un véritable potentiel d'application dans le domaine de la défense, tout en maintenant une présence sur les marchés civils qui favorisent l'innovation continue et un développement soutenu.

## Production industrielle évolutive

Le potentiel de l'Ontario en matière de mobilité à double usage dépend de sa capacité à transformer l'innovation en un système de production reproductible, fiable et viable. La province allie la recherche de pointe aux atouts suivants : activités d'assemblage de véhicules, vastes réseaux de fournisseurs, expertise en ingénierie, capacités d'outillage et d'automatisation et accès à des intrants essentiels. Grâce à cette intégration, l'Ontario est mieux placé pour développer des technologies d'importance stratégique à plus grande échelle que les administrations qui se concentrent principalement sur la recherche ou le développement à un stade précoce.

Le secteur automobile joue un rôle de pilier à cet égard. Plus de 100 000 Ontariens travaillent dans les secteurs de l'assemblage de véhicules et de la fabrication de pièces pour véhicules automobiles, et soutiennent ce faisant les activités de Ford, General Motors, Honda, Stellantis et Toyota[156]. Au-delà du volume de production, cet écosystème a développé une expertise en matière d'assurance de la qualité, de coordination des fournisseurs, d'intégration des systèmes, de fabrication de précision et de soutien tout au long du cycle de vie. Ces capacités peuvent être mises à profit dans les domaines de la mobilité de

défense, des systèmes sans pilote, des composants électroniques des véhicules, des systèmes énergétiques et du soutien. Toutefois, les fournisseurs pourraient tout de même devoir s'adapter à un plus faible volume de production, à des critères de qualification propres à la défense, de sécurisation des marchés et de traçabilité ainsi qu'à des exigences opérationnelles plus strictes[157,158].

La valeur stratégique de cette base industrielle ne cesse d'augmenter, maintenant que les gouvernements accordent plus d'importance à la production nationale et à la mise en place de chaînes d'approvisionnement fiables. Les restrictions commerciales, les contrôles technologiques et les exigences en matière d'approvisionnement redéfinissent les décisions d'investissement dans les secteurs des semi-conducteurs, des batteries, des systèmes connectés et de la fabrication de pointe. Fort d'un réseau de fournisseurs bien établi, d'un accès au marché nord-américain, d'électricité rejetant relativement peu d'émissions de carbone et d'une capacité de traitement des minéraux en plein essor, l'Ontario se positionne comme un possible centre de production pouvant desservir à la fois les marchés commerciaux et les marchés de la défense des pays alliés[159, 160, 10].

Les récents investissements dans le secteur des batteries montrent que l'Ontario est en mesure d'accroître sa capacité de production dans un maillon important de la chaîne de valeur de la mobilité. L'usine que la filiale du groupe Volkswagen PowerCo compte implanter à Saint-Thomas permettrait de produire à grande échelle des cellules de batteries, tandis que l'usine de NextStar Energy à Windsor constitue la toute première usine de fabrication de batteries de pointe à l'échelle commerciale[161]. Même s'ils sont principalement destinés aux marchés des véhicules électriques, ces investissements renforcent les capacités en matière de production de cellules, de contrôle des processus, d'intégration des batteries et de développement du réseau de fournisseurs, lesquelles pourraient aussi faciliter des applications de stockage d'énergie dans le secteur de la défense. On pourrait notamment les mettre à profit pour fabriquer des systèmes sans pilote et d'alimentation auxiliaire, des appareils portatifs et des plateformes logistiques électriques, à condition de respecter les exigences propres à la défense en matière de sécurité, d'autonomie, de poids, de tolérance aux variations de température et de fiabilité[162, 163].

Ces investissements ne suffisent pas à eux seuls à mettre en place une chaîne d'approvisionnement de la mobilité ou des batteries adaptée aux besoins de la défense. Leur valeur stratégique réside dans l'accroissement des capacités industrielles, de la main-d'œuvre, des infrastructures et de la diversité des fournisseurs, qui sont indispensables au développement d'un réseau de production à double usage. L'Ontario se voit donc offrir l'occasion de faire le pont entre ce potentiel de production à l'échelle commerciale et les clients du secteur de la défense, les entrepreneurs principaux, les parcours d'agrément et la demande en matière d'approvisionnement. Ce faisant, la province pourrait tirer davantage parti de son écosystème d'innovation en plus d'accroître la capacité industrielle nationale, la fiabilité des chaînes d'approvisionnement et la préparation des fournisseurs, des éléments jugés prioritaires dans la Stratégie industrielle de défense du Canada.

## Infrastructure d'essais adaptée aux applications de défense

Les technologies de mobilité commerciales nécessitent souvent une étape de validation supplémentaire avant de pouvoir être envisagées pour des applications dans le domaine de la défense. Les systèmes destinés à des fins militaires peuvent être appelés à fonctionner dans différentes conditions, y compris des terrains accidentés, des conditions météorologiques extrêmes, des environnements de communication perturbés, des conditions cybernétiques contestées et des régions éloignées. De plus, ils pourraient devoir répondre à des exigences plus strictes en matière de fiabilité, d'interopérabilité, de sécurité et de soutien tout au long du cycle de vie. L'avantage de l'Ontario en matière d'essais réside dans sa capacité à évaluer bon nombre de ces caractéristiques au sein d'un écosystème connecté de recherche, de commercialisation et de fabrication[164.165]

Le réseau de SRDT du ROIV constitue la base provinciale de cette capacité. Répartis partout dans la province, les SRDT soutiennent le développement, la mise à l'essai, le prototypage, la validation et la commercialisation de technologies destinées aux secteurs de l'automobile et de la mobilité intelligente. Pour les entreprises du secteur des biens à double usage, ce réseau peut aider à recenser les limites de performance, à produire des données techniques et déterminer si d'autres adaptations sont nécessaires avant qu'une

technologie conçue pour le marché commercial puisse entrer dans les systèmes d'agrément ou une voie d'acquisition dans le secteur de la défense[166].

Plusieurs installations de l'Ontario disposent de capacités directement liées à la mobilité dans le domaine de la défense. Le Centre d'excellence automobile (ACE) de l'Université technologique de l'Ontario, qui fait partie du réseau de sites régionaux pour le développement des technologies (SRDT) du ROIV, est employé pour évaluer des véhicules et des composants dans des conditions climatiques contrôlées et est un centre d'essai DIANA de l'OTAN[165]. En 2026, l'Université technologique de l'Ontario a également bénéficié d'un investissement de 5 millions de dollars de la part de FedDev Ontario pour accroître les capacités de l'ACE en tant que grappe canadienne des technologies de défense, renforçant ainsi ses services de mise à l'essai et de validation de véhicules de pointe, de systèmes aérospatiaux, de drones et d'autres technologies de défense émergentes. Le SRDT du Nord de l'Ontario du ROIV comprend des environnements souterrains et industriels pour la validation de technologies d'électrification, de communication, de détection et de mobilité via le réseau CORE5[167]. Le SRDT de Simcoe-Barrie-Orillia du ROIV propose des services de simulation, de prototypage, d'évaluation en terrains accidentés et de fabrication de pointe par l'intermédiaire de l'Oro Station Innovation Park et du Collège Georgian[168]. Ensemble, ces installations permettent d'évaluer si les technologies mises au point pour des environnements commerciaux structurés sont capables de fonctionner dans des conditions plus représentatives de la logistique militaire, des opérations à distance et du déploiement de systèmes sans pilote[147].

L'Ontario dispose également d'une vaste infrastructure d'essais et de validation à l'échelle nationale pour les technologies connectées, autonomes et indispensables à la mission. Par l'intermédiaire de la Zone X.O, le SRDT d'Ottawa du ROIV offre l'un des principaux environnements d'essai au Canada pour les véhicules connectés et autonomes, les systèmes aériens sans pilote, la robotique, les applications V2X et d'autres technologies de mobilité avancées. [169] Ce site revêt une importance stratégique encore plus grande depuis qu'il a intégré le réseau de centres d'essais DIANA de l'OTAN, au sein duquel les innovateurs du secteur de la défense peuvent procéder à la validation et à la démonstration des technologies présentant un potentiel d'application dans les domaines militaire et de la sécurité. Ce rôle consolide la position de l'Ontario au sein de l'écosystème plus large de l'innovation en matière de défense et ouvre des voies pour permettre aux technologies à double usage de passer du développement commercial à leur déploiement dans le domaine de la défense[170].

Enfin, le SRDT de Waterloo du ROIV offre un environnement réel à grande échelle pour l'évaluation de la connectivité des véhicules, de l'intégration des infrastructures, de la télématique et les performances au niveau de la flotte par l'intermédiaire du Réseau d'infrastructures connectées Catalyst (CCIN). Le CCIN permet aux entreprises d'évaluer la manière dont les véhicules, les capteurs, les réseaux de communication et les infrastructures fonctionnent ensemble dans des conditions réelles. Cette capacité au niveau des systèmes s'applique aux applications à double usage qui reposent sur un échange fiable de données, la connaissance de la situation, la coordination autonome et des communications résilientes, et ce, tant dans les environnements civils que militaires[171].

Le climat, la géographie et les milieux industriels de la province lui confèrent un avantage supplémentaire. Les températures extrêmes, les routes en hiver, les environnements souterrains et les terrains accidentés créent des conditions difficiles pour tester les capteurs, les batteries, les systèmes autonomes, les équipements de communication et les plateformes de véhicules. La technologie Snow Flea de l'entreprise ontarienne Labforge constitue un exemple de solution réservée au domaine de la défense. Labforge décrit le Snow Flea comme un système de surveillance multicapteurs reposant sur l'IA qui est conçu pour protéger les actifs essentiels de l'Arctique et peut fonctionner hors réseau par très grand froid. L'entreprise s'est également associée à l'Aviation royale canadienne pour mettre sa technologie de détection et de sécurité basée sur l'IA à l'épreuve dans des environnements difficiles. Ces exemples montrent comment les systèmes de détection mis au point en Ontario peuvent être utilisés dans des régions éloignées, des milieux difficiles et des contextes où la sécurité est primordiale[172, 173].

Ces atouts jettent de solides bases qui permettent de valider des applications à double usage, mais ne constituent pas nécessairement un parcours complet d'agrément pour le secteur de la défense. Les résultats des essais commerciaux peuvent ne pas tenir compte des exigences classifiées, des interférences électroniques, des restrictions de navigation, des conditions cybernétiques

antagonistes, des normes militaires ou de l'intégration avec les systèmes de commandement et de logistique de la défense. Aussi, un parcours coordonné, allant des essais commerciaux à la validation des exigences propres à la défense, permettrait de réduire les incertitudes pour les entreprises et les clients et faciliterait le passage des technologies de mobilité prometteuses de la phase de démonstration à celle du déploiement en bonne et due forme[164, 165, 166].

## Possibilités à l'échelle de l'écosystème

L'écosystème industriel de l'Ontario a l'occasion d'accélérer le processus de transition entre les capacités de mobilité commerciale et l'adoption dans le secteur de la défense. Les entreprises peuvent disposer de logiciels, capteurs, systèmes autonomes, batteries, composants de véhicules ou procédés de fabrication adaptés, mais elles manquent souvent d'un cas d'utilisation précis dans le domaine de la défense, d'un accès aux utilisateurs finaux, de partenaires d'intégration, d'un accompagnement pour l'agrément ou d'un parcours menant de la phase de démonstration à celle de l'approvisionnement. Le fait de tirer parti de cette possibilité de conversion pourrait aider l'Ontario à constituer un bassin plus vaste d'entreprises capables de répondre aux besoins des marchés commerciaux et de la défense, sans pour autant sacrifier la demande civile qui soutient l'innovation et la croissance.

Des données récentes montrent que les entreprises sont touchées différemment selon leur stade de participation à l'écosystème de la défense. Un sondage national mené auprès de 642 petites et moyennes entreprises par la Banque de développement du Canada et The Icebreaker a permis de distinguer trois grands groupes :

- Les fournisseurs établis du secteur de la défense qui sont confrontés à des contraintes en matière de capacité, de recrutement et de financement;
- Les entreprises dont l'activité dans ce secteur est limitée et qui sont réticentes à investir en l'absence d'une demande plus claire;
- Les éventuels nouveaux venus sur le marché qui se heurtent à divers obstacles, notamment des exigences propres à la défense, des contraintes de financement et des parcours d'entrée difficiles à cerner.

Ces conclusions suggèrent que le développement de la base de défense nationale doit aller de pair avec un accompagnement adapté au niveau de préparation des entreprises, depuis l'introduction au marché et à l'agrément jusqu'au développement des compétences du personnel et à l'intensification de la production[174].

Cette distinction revêt une importance particulière pour l'écosystème de la mobilité en Ontario. Les fournisseurs établis du secteur de la défense pourraient avoir besoin de capitaux, de talents et de capacités de production pour répondre à une demande croissante. Les entreprises des secteurs de l'automobile, des logiciels, des capteurs, des batteries et des systèmes autonomes qui se lancent sur les marchés de la défense pourraient avoir besoin d'exemples d'applications opérationnelles plus clairs, d'un accès plus précoce aux utilisateurs et aux entrepreneurs principaux du secteur de la défense et d'un accompagnement pour les aider à répondre aux exigences en matière de sécurité, de réglementation et de technologie. Une approche différenciée aiderait les entreprises à passer d'une pertinence sur le plan commercial à une participation à part entière dans le secteur de la défense, tout en maintenant leur présence sur les marchés civils sur lesquels repose leur compétitivité.

Cela reflète également une occasion plus large d'accélérer la collaboration entre les phases de la recherche, de la commercialisation et de la production. Les technologies à double usage génèrent une plus grande valeur stratégique et économique lorsque les entreprises peuvent passer de la recherche et du prototypage à une capacité de production nationale sans perdre leur propriété intellectuelle, leur savoir-faire en matière de procédés, ni le contrôle des systèmes essentiels. L'Ontario dispose d'atouts considérables à chaque étape, mais leur valeur dépendra de leur capacité à fonctionner comme un parcours connecté plutôt que comme des capacités de recherche, de mise à l'essai et de production en vase clos. Le renforcement des liens aiderait les entreprises à prendre de l'expansion en Ontario, à conserver la valeur en aval et à développer les capacités de production nécessaires pour répondre aux besoins des marchés de la mobilité commerciale et de la défense[175].

Le maintien de la propriété intellectuelle et de l'activité d'expansion en Ontario constitue donc une priorité connexe. Sur les marchés à double usage, la propriété des logiciels, des données techniques, des brevets, des architectures de

plateforme et du savoir-faire en matière de fabrication peut influencer la valeur commerciale et la capacité du Canada à produire, à maintenir et à moderniser des systèmes d'importance stratégique. La Stratégie industrielle de défense du Canada considère la propriété, la protection et l'accès au Canada en matière de propriété intellectuelle comme des éléments essentiels au renforcement du secteur national de la défense[1].

Le partenariat entre le Centre d'innovation de l'Ontario (CIO) et Propriété intellectuelle Ontario (PIO) offre un cadre provincial concret permettant de combler cette lacune. Ce programme allie des voies de commercialisation à une expertise en matière de propriété intellectuelle, permet aux entreprises soutenues par le CIO d'accéder aux services de PIO et offre de la formation, du mentorat et des ressources susceptibles d'aider les PME à élaborer des stratégies de PI efficaces. La mise en œuvre de ce soutien dès les premières étapes de la commercialisation de la recherche, du déploiement pilote et de l'expansion pourrait aider les entreprises ontariennes du secteur de la mobilité à protéger leurs technologies stratégiques tout en saisissant les débouchés sur les marchés civils et militaires[176].

Il est également possible de mieux outiller les entreprises à vocation commerciale afin qu'elles puissent s'y retrouver dans les procédures d'accréditation, de passation de marchés, d'agrément des fournisseurs et d'accès au marché de la défense. L'IRID offre du soutien aux entreprises qui souhaitent intégrer les chaînes d'approvisionnement du secteur de la défense ou y poursuivre leur expansion, y compris celles qui mettent au point des applications à double usage dans les domaines de l'intelligence artificielle, de la cybersécurité, des capteurs, des véhicules terrestres et des systèmes autonomes. Elle appuie également les activités liées à l'intégration des technologies, à la commercialisation, au développement des marchés et aux capacités industrielles. Le financement seul n'est pas suffisant pour mener à l'adoption. Les entreprises ont également besoin de signaux plus clairs concernant la demande, d'une mobilisation plus précoce des utilisateurs du secteur de la défense et des entrepreneurs principaux, ainsi que d'un accompagnement pour passer de la validation commerciale au rôle de fournisseur qualifié[177].

L'Ontario a donc l'occasion de relier le recensement des technologies, la commercialisation de la recherche, la stratégie en matière de propriété intellectuelle, les étapes de validation propres au secteur de la défense, l'intensification de la production, le développement du réseau de fournisseurs, la gestion des procédures de passation de marchés et l'accès aux marchés alliés au sein d'un parcours de conversion cohérent. Ainsi, les technologies prometteuses en matière de mobilité pourraient dépasser le stade des projets pilotes réalisés en vase clos et il serait possible de conserver dans la province la propriété intellectuelle, l'activité de production, le savoir-faire en matière de procédés et les capacités de soutien tout au long du cycle de vie. La section suivante examine comment les réseaux et l'infrastructure de commercialisation du ROIV pourraient contribuer à cette voie.

## 5.3 Rôle du ROIV dans la promotion des possibilités offertes dans l'écosystème ontarien de la mobilité à double usage

Le ROIV est bien placé pour soutenir le développement de l'écosystème de mobilité à double usage de l'Ontario, fort de son rôle bien établi en innovation dans les secteurs de l'automobile et de la mobilité. Grâce à ses programmes, à ses réseaux régionaux, à ses relations avec l'industrie et à son infrastructure de commercialisation, le ROIV met en relation les concepteurs de technologies, les fabricants, les établissements postsecondaires, les municipalités, les propriétaires d'infrastructures et d'autres partenaires de l'écosystème. Pour consolider encore plus ce rôle, le ROIV a lancé, dans le cadre du Fonds de partenariats en R-D, un nouveau volet axé sur les technologies de défense et à double usage, afin d'aider les entreprises ontariennes à renforcer la collaboration avec l'industrie et les utilisateurs finaux et à promouvoir les solutions conçues en Ontario qui répondent aux priorités en matière de défense et aux besoins opérationnels. Ce programme élargi vient compléter l'ensemble plus vaste de mesures de soutien à la commercialisation et de financements que le ROIV met à la disposition des entrepreneurs de l'Ontario. Les liens du ROIV constituent une base solide pour aider les entreprises ontariennes à déterminer si leurs technologies de mobilité conçues à des fins commerciales pourraient répondre aux besoins émergents des domaines de la défense, de la sécurité, des interventions d'urgence, des infrastructures essentielles et d'autres marchés stratégiques[178, 179].

Ce rôle s'inscrit dans l'orientation générale des politiques fédérales et provinciales. La Stratégie industrielle de défense du Canada met l'accent sur la

mobilisation accrue de l'industrie, l'accélération de l'innovation et de la commercialisation, une participation accrue des petites et moyennes entreprises, la conservation de la propriété intellectuelle canadienne et un accès élargi aux marchés nationaux et alliés. Dans la même veine, le cadre pour la Stratégie industrielle de l'Ontario en matière de défense recense les occasions visant à renforcer la base industrielle de la province, à commercialiser des technologies de pointe, à étendre la portée des exportations et à bâtir des chaînes d'approvisionnement plus intégrées. Dans ce contexte politique, le ROIV offre un point de vue axé sur le secteur de la mobilité en aidant les entreprises à assurer une synergie entre leurs capacités commerciales existantes et les nouveaux débouchés dans les marchés de la défense et des produits à double usage[1, 119].

## Relier l'écosystème ontarien de la mobilité

Les possibilités offertes en matière de mobilité à double usage en Ontario ne se limitent pas aux fournisseurs établis du secteur de la défense. Les entreprises qui mettent au point des systèmes autonomes, des logiciels intégrés, des technologies de détection, des solutions de cybersécurité, des batteries, des composants de véhicules, des infrastructures connectées et des procédés de fabrication de pointe peuvent disposer de capacités pertinentes pour des applications dans les domaines de la défense et de la sécurité, même si la défense ne constitue pas actuellement leur marché principal. Grâce à ses relations au sein de l'écosystème de l'automobile et de la mobilité, le ROIV est bien placé pour faciliter le recensement de ces capacités et aiguiller les entreprises vers les partenaires techniques, commerciaux et institutionnels pertinents.

Il ne s'agit pas de considérer systématiquement toutes les technologies commerciales comme des solutions à double usage. Le potentiel d'application d'une technologie dans le domaine de la défense dépend de sa capacité à répondre à un besoin opérationnel précis et à satisfaire des exigences plus strictes propres à ce secteur. En les mettant en contact avec des clients potentiels, des organismes de recherche, des fournisseurs établis du secteur de la défense et des intégrateurs de systèmes, le ROIV peut aider les entreprises à mieux comprendre les applications connexes et les efforts de développement ou de validation supplémentaires nécessaires. On pourrait ainsi accroître la visibilité des deux côtés du marché : les entreprises auraient une meilleure compréhension des exigences en matière de défense, tandis que les organisations de défense et les entrepreneurs principaux seraient mieux informés des technologies de mobilité issues de l'écosystème commercial de l'Ontario.

Par ailleurs, comme nous l'avons vu dans la section précédente, les entreprises n'en sont pas toutes au même stade lorsqu'elles font leur entrée sur les marchés de la défense. Les études mettent en évidence des obstacles différents chez les fournisseurs établis du secteur de la défense, les entreprises dont l'activité dans ce secteur est limitée et les éventuels nouveaux venus sur le marché. Les fournisseurs établis sont souvent confrontés à des contraintes en matière de capacité, de talents et de financement, tandis que les entreprises qui se lancent sur le marché ont besoin de directives plus claires au sujet des exigences techniques, d'approvisionnement, de conformité et de financement. Le ROIV peut aider à répondre à ces besoins différents par l'intermédiaire de son volet « Recherche et développement dans le domaine de la défense et des technologies à double usage », en apportant aux entreprises ontariennes du secteur de la mobilité un soutien adapté à leur stade de développement et en créant un parcours plus clair pour adapter les capacités en matière d'automobile et de mobilité aux besoins du marché de la défense[180].

## Soutenir les efforts de développement, de validation et de commercialisation

L'infrastructure de développement et de démonstration du ROIV est essentielle aux avancées des technologies de mobilité à double usage[155]. Ses programmes aident les PME ontariennes à développer, mettre à l'essai, valider et démontrer des solutions de mobilité connectée, autonome, électrique et intelligente, en collaboration avec des partenaires de l'industrie et du milieu postsecondaire. Le nouveau volet « Recherche et développement dans le domaine de la défense et des technologies à double usage » du ROIV renforce encore ce soutien en favorisant la mise en œuvre de projets axés sur le développement, la mise à l'essai, la validation et la démonstration de technologies destinées à des applications de défense et à double usage, y compris les systèmes autonomes et sans pilote, l'électrification, la propulsion, les capteurs de pointe, le transport spatial, le positionnement par satellite et les technologies d'observation de la Terre. Le réseau de SRDT donne accès à des installations spécialisées, à une expertise technique et à du soutien à la commercialisation[166], tandis que les sites

d'essais de technologies et la zone pilote permettent aux entreprises de mettre des technologies à l'essai dans des environnements d'exploitation réels[178, 179].

Ces environnements ne remplacent pas les mécanismes d'essais et d'agréments officiels du secteur de la défense. Ils peuvent toutefois aider les entreprises à démontrer leurs performances de référence et à cerner les lacunes en matière de sécurité, de fiabilité, de communication, d'interopérabilité, d'évolutivité et d'intégration des systèmes. Par exemple, les sites d'essais de technologies permettent d'accéder à des environnements d'exploitation urbains, autoroutiers, transfrontaliers et multimodaux à Toronto et le long du corridor Windsor-Sarnia. Quant à la zone pilote, les PME peuvent y tester des solutions de mobilité en utilisant les infrastructures publiques et communiquer avec des clients potentiels et des partenaires stratégiques. Les données recueillies dans ces contextes peuvent contribuer à réduire les risques techniques et liés à la commercialisation d'une technologie avant qu'elle ne fasse l'objet d'essais conformes aux normes militaires, aboutisse dans une installation de marchandises contrôlées ou passe aux étapes de l'évaluation par des utilisateurs finaux du secteur de la défense ou de l'approvisionnement[155, 181].

Il est par conséquent possible de renforcer les liens entre ces environnements de validation commerciale et les filières spécialisées de la défense. Le ROIV est en mesure d'aider les entreprises à trouver une première application, à entrer en contact avec les bons partenaires techniques et industriels et à générer des données probantes dans le cadre de programmes de mobilité existants. Les technologies présentant un véritable potentiel d'application dans le secteur de la défense pourraient ensuite être présentées aux utilisateurs du secteur de la défense, aux entrepreneurs principaux, aux installations d'essais rattachées à l'OTAN ou à d'autres organismes chargés d'offrir les services d'évaluation et d'agrément spécialisés. Cela permettrait d'assurer une transition plus claire entre le développement commercial et la validation du potentiel d'application en défense, tout en continuant de différencier les technologies commercialement viables de celles qui peuvent être adaptées à la défense et qui sont prêtes à être lancées sur le marché de la défense.

## Conserver les innovations ontariennes et les déployer à plus grande échelle

La valeur stratégique de l'innovation à double usage dépend en partie de la capacité à conserver en Ontario la propriété intellectuelle, le savoir-faire technique, l'activité de production et les capacités de soutien tout au long du cycle de vie. Cela revêt une importance particulière pour les technologies de mobilité autonome et définies par logiciel, car une part considérable de la valeur peut résider dans les algorithmes, les données techniques, les architectures des systèmes, les capacités en matière de cybersécurité et les procédés de fabrication.

Grâce à un partenariat spécialisé, les entreprises qui prennent part aux programmes du ROIV peuvent bénéficier d'un accompagnement en matière de propriété intellectuelle offert par Propriété intellectuelle Ontario. Le partenariat entre ces deux organisations allie du soutien à la commercialisation à une expertise, des possibilités de formation et de mentorat et des ressources en matière de propriété intellectuelle (PI) destinées aux PME ontariennes. Le fait d'assurer une synergie entre ces mesures de soutien et les projets de mobilité à double usage pourrait aider les entreprises à élaborer de bonnes stratégies de PI avant de conclure des partenariats, de mener des projets pilotes ou d'adapter des technologies à des applications de défense[176].

Le ROIV concourt également à l'établissement de liens entre les entreprises technologiques et des fabricants, des fournisseurs de l'industrie automobile et des intégrateurs de systèmes de l'Ontario capables de les accompagner dans le développement et la mise à l'échelle de leurs produits. Une meilleure synergie entre la recherche, la commercialisation, les essais et la production permettrait aux technologies prometteuses de dépasser le stade des démonstrations en vase clos. De plus, elle pourrait permettre à l'Ontario de conserver une plus grande part des connaissances sur les procédés, des capacités des fournisseurs et de la valeur économique à long terme issues de l'innovation à double usage. Cette approche cadre avec l'importance que la stratégie fédérale accorde à la propriété intellectuelle canadienne, à la capacité industrielle nationale et à la sécurisation des chaînes d'approvisionnement[1].

## Élargir l’accès aux marchés nationaux et alliés

L’accès à des marchés plus vastes sera essentiel à la croissance à long terme de l’écosystème ontarien de la mobilité à double usage. Au Canada, le marché national de la défense n’offre peut-être pas un volume suffisant pour toutes les technologies, tandis que les applications commerciales et celles destinées aux pays alliés peuvent favoriser des investissements soutenus et la poursuite des activités de développement de produits et de production. Les stratégies de défense du gouvernement fédéral et de la province considèrent donc le développement des exportations et la participation aux chaînes d’approvisionnement des pays alliés comme des facteurs importants de croissance industrielle[1,119].

Le ROIV contribue à cet objectif en aidant les entreprises à acquérir la maturité commerciale et les compétences techniques nécessaires pour collaborer avec des partenaires nationaux et internationaux. Il est possible de tirer parti des activités actuelles du ROIV axées sur la démonstration de technologies, le développement de partenariats, la mobilisation de l’industrie et la commercialisation pour mettre les entreprises admissibles en contact avec les bureaux commerciaux provinciaux, les programmes fédéraux, les événements du secteur de la défense et les réseaux d’innovation des alliés. L’objectif n’est pas de reproduire les services d’exportation déjà offerts, mais bien d’aider les entreprises ontariennes du secteur de la mobilité à présenter aux tribunes susmentionnées des technologies validées, des partenaires fiables et une proposition de valeur claire.

Le ROIV occupe une position unique pour offrir au secteur de la mobilité une voie d’accès au vaste écosystème canadien de l’industrie de la défense. En faisant rayonner le portefeuille ontarien de technologies de mobilité validées sur le plan commercial, en alignant les capacités prometteuses sur les besoins définis en matière de défense et en orientant les entreprises qualifiées vers les services d’essais spécialisés, d’approvisionnement, de financement et de marchés alliés, le ROIV pourrait contribuer à réduire la fragmentation entre l’innovation commerciale et son adoption par le secteur de la défense.

Un tel rôle contribuerait à la réalisation des objectifs de la Stratégie industrielle de défense du Canada en élargissant le bassin de fournisseurs canadiens capables de développer, de mettre en œuvre, de maintenir et de moderniser des capacités de mobilité d’importance stratégique.

# 6. Possibilités pour l’Ontario

L’analyse présentée tout au long de ce rapport laisse entendre que l’Ontario dispose d’un grand nombre des atouts nécessaires au développement d’un écosystème concurrentiel de mobilité à double usage à l’échelle mondiale. La province possède des forces dans les domaines de la fabrication de pointe, de la production automobile, des logiciels et de l’intelligence artificielle, des minéraux stratégiques, des batteries, des infrastructures d’essais et de la commercialisation de la recherche. Ces capacités jettent de solides bases pour s’implanter sur les marchés émergents au sein desquels il y a de plus en plus de recoupements entre l’innovation commerciale et les applications stratégiques.

Pour profiter de cette occasion, il faudra prendre des mesures ciblées pour renforcer les voies de commercialisation, améliorer la coordination au sein de l’écosystème, aider les fournisseurs à se préparer et relier les innovateurs du secteur de la mobilité aux marchés stratégiques plus vastes. En s’appuyant sur les résultats de recherches secondaires, d’analyses des écosystèmes et d’entretiens avec des intervenants, cette section présente les principales possibilités qui s’offrent à l’Ontario pour renforcer sa compétitivité industrielle ainsi que sa contribution aux écosystèmes émergents des technologies à double usage.

### 6.1 Renforcer les voies technologiques entre le secteur commercial et celui de la défense

L'écosystème ontarien de la mobilité développe déjà bon nombre des technologies qui revêtent une importance croissante pour les applications dans les domaines de la défense et de la sécurité, notamment l'intelligence artificielle, les systèmes autonomes, les technologies de détection avancées, les infrastructures connectées, la cybersécurité, les batteries et les plateformes définies par logiciel. Par l'intermédiaire du ROIV, la province a mis en place des programmes de commercialisation, des environnements de démonstration, des sites régionaux pour le développement des technologies (SRDT) et des infrastructures d'essais qui aident les entreprises à faire passer les technologies du stade de la recherche et du développement à celui de la mise sur le marché. Ces atouts ont contribué à constituer un vaste bassin d'entreprises qui mettent au point des technologies de mobilité présentant un intérêt commercial pour les marchés de l'automobile, des transports, des infrastructures et industriel.

Les résultats des entretiens indiquent que de nombreuses entreprises peinent à comprendre les exigences en matière de défense, à cerner les cas d'utilisation pertinents, à s'y retrouver dans les voies d'approvisionnement et à obtenir une validation opérationnelle. Parallèlement, les organisations de défense recherchent de plus en plus des technologies mises au point à des fins commerciales qui peuvent être adaptées plus rapidement que les solutions traditionnelles réservées exclusivement au domaine de la défense. Cela offre l'occasion de renforcer les voies qui relient les innovateurs en matière de mobilité aux organisations de défense, aux utilisateurs opérationnels, aux entrepreneurs principaux et aux environnements d'essai. En tirant parti des réseaux et de l'infrastructure de commercialisation du ROIV, l'Ontario pourrait contribuer à accélérer la transition des technologies commercialement viables vers des applications dans les domaines de la défense et de la sécurité, tout en préservant les marchés civils qui garantissent un volume d'activité suffisant, des investissements et une innovation continue.

### 6.2 Créer un pôle de systèmes autonomes concurrentiel à l'échelle mondiale

Les systèmes autonomes s'imposent comme l'une des catégories de technologies à double usage les plus importantes. Des capacités telles que la navigation autonome, la détection intelligente, la robotique, la mobilité définie par logiciel et la prise de décision assistée par l'IA peuvent être utilisées dans les domaines des transports, de la logistique, de la sécurité publique, de la gestion des infrastructures, des interventions d'urgence et des opérations de défense.

L'Ontario dispose de nombreux atouts pour jouer un rôle de premier plan dans le domaine des systèmes autonomes et intelligents. La province abrite l'un des plus grands écosystèmes de l'Amérique du Nord dans le domaine de l'automobile et de la mobilité, un secteur de l'intelligence artificielle en pleine expansion, un savoir-faire en matière de logiciels reconnu à l'échelle mondiale, ainsi que de nombreuses entreprises actives dans le secteur des technologies liées aux véhicules connectés et autonomes. Des instituts de recherche, dont entre autres l'Université de Waterloo, l'Université de Toronto, l'Université technologique de l'Ontario mettent leur expertise à profit dans les domaines de l'intelligence artificielle, de la robotique, des systèmes autonomes, du génie logiciel et des technologies de détection avancées. Le réseau de SRDT du ROIV, ses zones de démonstration et ses environnements d'essai contribuent également au développement et à la commercialisation de technologies.

Les constatations issues de la recherche et des entretiens révèlent que les systèmes autonomes, les drones, les solutions de détection fondées sur l'IA, la robotique et les plateformes de mobilité intelligente font partie des domaines les plus prometteurs en matière d'applications à double usage. La concentration en Ontario de constructeurs automobiles, de développeurs de logiciels, d'expertise en IA, d'environnements d'essai et d'innovateurs du domaine des véhicules connectés et autonomes offre l'occasion de renforcer encore davantage la position de la province dans le secteur des systèmes autonomes et intelligents.

Alors que les gouvernements alliés recherchent de plus en plus des technologies mises au point à des fins commerciales qui peuvent être adaptées à des applications de défense, les atouts actuels de l'Ontario pourraient favoriser la croissance, et ce, tant sur les marchés civils que stratégiques.

### 6.3 Faire progresser les plateformes de mobilité sécurisées et définies par logiciel

Le secteur automobile est en pleine transition vers des véhicules définis par logiciel, des infrastructures connectées, l'intelligence artificielle et les services de mobilité numérique. De plus en plus, l'avantage concurrentiel ne repose plus uniquement sur les composants matériels des véhicules, mais aussi sur les capacités logicielles, de connectivité, de cybersécurité et de gestion des données

qui permettent aux véhicules et aux infrastructures de fonctionner comme des systèmes intelligents et interconnectés. L'Ontario dispose déjà d'un grand nombre des atouts nécessaires pour être compétitif dans ce contexte de transition, grâce à des entreprises telles que QNX, au vaste écosystème logiciel de la province, aux instituts de recherche en IA et aux investissements des FEO, dont ceux de Ford dans ses centres de connectivité et d'innovation. Ces forces contribuent au développement de logiciels intégrés, de capacités en matière de cybersécurité, de systèmes connectés et de plateformes de véhicules intelligents sur lesquels s'appuient de plus en plus les systèmes de transport modernes.

Les résultats des recherches et des entretiens laissent entendre que ces mêmes capacités revêtent une importance croissante pour les applications dans les domaines de la défense et de la sécurité, compte tenu de la priorité de plus en plus grande que ces secteurs accordent à la résilience, aux communications sécurisées, à l'assurance logicielle, à l'interopérabilité et l'aide à la décision en temps réel. Bon nombre de ces fonctionnalités sont déjà en cours de développement et de commercialisation dans le secteur de la mobilité en Ontario. Il est donc possible d'accélérer l'adaptation de technologies mises au point à des fins commerciales à diverses applications, dont la logistique autonome, les communications résilientes, les infrastructures connectées, les systèmes de transport intelligents, la connaissance opérationnelle et les opérations à distance. L'Ontario a ainsi l'occasion de tirer parti de ses atouts actuels en matière de logiciels et de mobilité pour soutenir le développement de systèmes définis par logiciel sécurisés, capables de répondre simultanément aux besoins des marchés de l'automobile, des infrastructures, du secteur public et de la défense.

### 6.4 Mettre à profit l'infrastructure d'essais et de validation de l'Ontario en tant qu'atout stratégique

L'infrastructure d'essais de l'Ontario lui confère un avantage concurrentiel unique. La province dispose d'un réseau d'installations spécialisées au service des véhicules connectés et autonomes, des communications de pointe, de l'électrification, de la robotique et des infrastructures intelligentes. Les entreprises ont accès aux installations du réseau de SRDT du ROIV, telles que la Zone X.O, ACE, le groupe CORE5 et le CCIN ainsi qu'à ses zones de démonstration et environnements pilotes pour réaliser des essais en conditions réelles, valider leurs solutions et bénéficier d'un soutien à la commercialisation. L'Ontario abrite également plusieurs centres d'essai du DIANA de l'OTAN, ce qui renforce encore davantage sa position au sein des réseaux émergents d'innovation en matière de défense.

Les constatations tirées des recherches et des entretiens ont systématiquement mis en évidence que la validation, les essais et l'accès à de la rétroaction opérationnelle constituaient des facteurs déterminants pour la commercialisation et l'adoption par le secteur de la défense. À mesure que les technologies à double usage deviennent de plus complexes et interconnectées, l'Ontario a l'occasion de positionner son écosystème d'essais et de validation comme un atout stratégique qui concourt au déploiement de ces solutions dans les applications des secteurs commercial, public et de la défense. Cela pourrait contribuer à attirer des investissements, à soutenir l'innovation et à renforcer le rôle de la province au sein des écosystèmes plus larges de l'innovation de l'Amérique du Nord et des pays alliés.

### 6.5 Créer des chaînes d'approvisionnement fiables pour les technologies stratégiques

L'écosystème ontarien de l'automobile a développé une vaste expertise en matière de fabrication de pointe, de coordination des fournisseurs, d'intégration des systèmes, d'assurance de la qualité et de production à grande échelle. Les technologies sur lesquelles reposent la mobilité autonome, l'intelligence artificielle, l'électrification, les communications de pointe et les systèmes de défense font souvent appel aux mêmes minéraux critiques, matériaux de pointe, batteries, semi-conducteurs et capacités de fabrication. Ces capacités sont de plus en plus précieuses, car les gouvernements et l'industrie accordent une importance croissante à la résilience des chaînes d'approvisionnement, à la fiabilité des sources d'approvisionnement, à la traçabilité et à l'accroissement de la capacité industrielle nationale.

L'intégration de l'Ontario au sein des réseaux de production nord-américains, combinée à ses capacités de fabrication de pointe et à la croissance de son écosystème des minéraux critiques, lui permet de participer à des chaînes d'approvisionnement fiables qui favorisent la compétitivité économique tout en soutenant les objectifs de sécurité nationale. Les conclusions des entretiens révèlent que la fiabilité des fournisseurs, la traçabilité, la production nationale et la sécurité de l'approvisionnement constituent des critères de plus en plus importants pour participer aux marchés des technologies stratégiques et de la défense. Puisque ces exigences ne cessent d'évoluer, l'Ontario a l'occasion de

tirer parti de son secteur manufacturier et de son réseau de fournisseurs pour soutenir des chaînes d'approvisionnement nord-américaines fiables qui desservent à la fois des secteurs commerciaux et stratégiques.

### 6.6 Renforcer l'avantage concurrentiel de l'Ontario dans le domaine des minéraux critiques et des matériaux de pointe

L'Ontario compte sur des ressources en minéraux critiques, des capacités de traitement, des projets de minéraux critiques en cours, des investissements dans le secteur des batteries et un écosystème de fabrication de pointe qui jettent de solides bases pour participer aux chaînes de valeur des technologies émergentes et de la défense. La mise en valeur des minéraux, la fabrication de batteries, les matériaux de pointe, l'assemblage de véhicules et la commercialisation de technologies figurent au nombre des forces de la province. Grâce à sa stratégie relative aux minéraux critiques et à ses récents investissements dans les capacités de traitement, l'Ontario s'efforce de participer dans une plus grande mesure à la chaîne de valeur.

Bon nombre des minéraux extraits ou transformés en Ontario entrent dans la composition de technologies qui revêtent une importance croissante dans le domaine des applications de mobilité commerciales, mais aussi dans le secteur de la défense. Ces matériaux jouent un rôle essentiel pour les batteries, les semi-conducteurs, les systèmes de communication, les capteurs, les technologies aérospatiales, les systèmes autonomes, des infrastructures de calcul informatique de pointe et des plateformes de défense de nouvelle génération. Les gouvernements et l'industrie portent un intérêt accru à la résilience des chaînes d'approvisionnement, aux capacités souveraines et à l'approvisionnement auprès de sources fiables, de sorte que l'accès à ces matériaux et la capacité à les transformer au sein des pays alliés sont de plus en plus considérés comme d'importants facteurs concurrentiels.

Aussi, il est possible pour l'Ontario de consolider les liens entre les ressources du Nord de l'Ontario et les écosystèmes de fabrication, des batteries, de l'automobile, de l'aérospatiale et des technologies du Sud de la province. Le développement des activités d'affinage, de traitement, de production de matériaux de pointe et de fabrication de composants permettrait à la province de participer à plus grande échelle à la chaîne de valeur tout en réduisant sa dépendance vis-à-vis quelques pôles de traitement à l'échelle mondiale. Cette approche permettrait aussi de renforcer la position de l'Ontario au sein des chaînes d'approvisionnement qui voient le jour en Amérique du Nord dans les domaines des batteries, de l'électronique de pointe, des systèmes autonomes, des technologies de communication et de la fabrication liée à la défense.

Les conclusions tirées des recherches et des entretiens suggèrent que la perspective la plus prometteuse ne réside pas simplement dans la fourniture de matières premières, mais aussi dans la mise en place de chaînes de valeur intégrées et traçables qui font le pont entre la production de minéraux et les activités de fabrication et de développement de technologies en aval. En tirant parti des investissements croissants dans la fabrication de batteries, le traitement des minéraux critiques, les matériaux de pointe et la mobilité électrique, l'Ontario peut contribuer au renforcement des capacités industrielles nationales et à la fiabilité des réseaux d'approvisionnement tout en se positionnant comme un fournisseur stratégique des matériaux et des composants sur lesquels reposent les technologies commerciales et à double usage de nouvelle génération.

### 6.7 Soutenir l'innovation axée sur la résilience dans les régions nordiques et éloignées

La géographie, le climat, les infrastructures et les milieux industriels de l'Ontario offrent des conditions uniques pour la mise au point de technologies adaptées à des applications en régions nordiques ou éloignées ou des environnements opérationnels difficiles. Les systèmes autonomes, les communications par satellite, les capteurs de pointe, les jumeaux numériques, les technologies d'intervention d'urgence et les solutions d'infrastructures résilientes se prêtent tous à des applications dans les domaines de la mobilité dans le Nord, de l'exploitation des ressources, de la sécurité publique, de la gestion des infrastructures et des opérations de défense. Le secteur minier du Nord de la province ainsi que ses réseaux de transport, ses collectivités éloignées et ses environnements d'essais offrent des conditions réelles difficiles à reproduire ailleurs.

Plusieurs des personnes interrogées considéraient les conditions météorologiques extrêmes au Canada, les conditions nordiques et les environnements opérationnels éloignés comme des atouts susceptibles de constituer un avantage concurrentiel. Ceux-ci pourraient servir au développement et à la validation de technologies visant à renforcer la résilience

des infrastructures, la préparation aux situations d'urgence, les opérations dans l'Arctique, la mobilité dans le Nord, la logistique en région éloignée et la prestation de services dans les collectivités éloignées. Outre leur rôle dans le soutien des applications commerciales et stratégiques, ces technologies peuvent contribuer à la réalisation d'objectifs provinciaux plus larges, notamment le développement économique, la connectivité entre les collectivités, la résilience des infrastructures et la collaboration avec les communautés et les partenaires autochtones.

### 6.8 Mettre en place un écosystème de mobilité à double usage plus intégré

Le principal avantage stratégique de l'Ontario réside peut-être dans la diversité des atouts qui composent déjà son écosystème d'innovation. Ensemble, ses forces dans les secteurs de la construction automobile, du développement de logiciels, de l'intelligence artificielle, des minéraux critiques, des batteries ainsi que ses instituts de recherche, ses installations d'essais, ses programmes de commercialisation et ses capacités de fabrication de pointe constituent bon nombre des éléments indispensables à la réussite de l'écosystème à double usage. Le ROIV joue lui-même un rôle important en mettant en relation les entreprises, les établissements postsecondaires, les municipalités, les investisseurs, les propriétaires d'infrastructures et d'autres acteurs de l'écosystème, grâce à des programmes, des partenariats, des environnements de démonstration et du soutien à la commercialisation.

Lors des entretiens, les participants ont insisté à maintes reprises sur l'importance de renforcer les liens entre les innovateurs commerciaux, les organisations de défense, les instituts de recherche, les entrepreneurs principaux et les utilisateurs finaux. Ils ont également souligné la nécessité de définir des parcours plus clairs qui font le pont entre la recherche, la commercialisation, la validation, la passation de marchés et le déploiement. L'Ontario se voit ainsi offrir l'occasion de renforcer encore plus la coordination à l'échelle de ses infrastructures existantes et de mettre en place un écosystème de mobilité à double usage plus intégré.

Cet écosystème pourrait favoriser la commercialisation de technologies à double usage tant sur le marché de la mobilité que sur celui de la défense ainsi que le développement des fournisseurs, la conservation de la propriété intellectuelle, la compétitivité industrielle et la croissance économique à long terme, tout en renforçant la contribution de la province aux priorités stratégiques et de défense émergentes.

# 7. Glossaire

| | |
|---|---|
| 5G | Technologie de communications sans fil de cinquième génération |
| ACE | Centre d'excellence automobile *(Automotive Centre of Excellence)* |
| CAR | Centre for Automotive Research<br>(Université de Waterloo) |
| CARE | Centre for automotive research and education<br>(Université de Windsor) |
| CCIN | Réseau d'infrastructures connectées Catalyst |
| CDL | Creative Destruction Lab |
| CHP | Calcul haute performance |
| CIO | Centre d'innovation de l'Ontario |
| DIANA | Accélérateur d'innovation de défense pour l'Atlantique Nord de l'OTAN |
| É-U. | États-Unis |
| FEO | Fabricant d'équipement d'origine |
| GNSS | Système mondial de navigation par satellite |
| IA | Intelligence artificielle |
| IED | Dispositif explosif de circonstance *(Improvised Explosive Device)* |
| IRID | Initiative régionale d'investissement dans la défense |
| LEO | Orbite terrestre basse *(Low earth orbit)* |
| LIDAR | Détection et télémétrie par ondes lumineuses |
| MARC | McMaster Automotive Resource Centre |
| NC-CIPSeR | National Centre for Critical Infrastructure Protection, Security and Resilience |

| | |
|---|---|
| OBEC | Centre de recherche en électrochimie et sur les batteries de l'Ontario |
| OTAN | Organisation du Traité de l'Atlantique Nord |
| PI | Propriété intellectuelle |
| PIO | Propriété intellectuelle Ontario |
| PME | Petite ou moyenne entreprise |
| QNX | Système d'exploitation et plateforme logicielle intégrés conçus par BlackBerry QNX |
| R-D | Recherche et développement |
| ROIV | Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules |
| SIERE | Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité |
| SRDT | Site régional pour le développement des technologies |
| TKMS | Thyssenkrupp Marine Systems |
| V2X | Communication de véhicule à X |
| VCA | Véhicule connecté et automatisé |
| VDL | Véhicule défini par logiciel |
| VE | Véhicule électrique |

# 8. L’équipe du ROIV

Les coordonnées des membres de l’équipe du ROIV et d’autres personnes-ressources peuvent être consultées à l’adresse suivante : https://www.ovinhub.ca/fr/contact/notre-equipe/

# 9. Avis de non-responsabilité

Le présent rapport a été rédigé par MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l. pour le compte du Centre d'innovation de l'Ontario à la suite d'une demande de propositions intitulée « Ontario Vehicle Innovation Network (OVIN) – Annual Comprehensive Sector Report & Quarterly Specialized Reports » datée du 26 septembre 2025. Il fait partie d'une série de cinq rapports dressant un portrait analytique des technologies automobiles, des véhicules électriques et de la mobilité intelligente en Ontario qui intègre des facteurs liés au paysage des compétences et des talents du secteur.

Les renseignements contenus dans ce rapport sont d'ordre général et le CIO ne fournit aucun conseil ou service professionnel au moyen de la présente publication. Par conséquent, les lecteurs sont invités à ne pas se fier indûment à ce rapport et à faire preuve de diligence raisonnable, notamment en effectuant des recherches et des analyses, avant de prendre des décisions à la lumière du rapport ou des mesures qui peuvent avoir une incidence sur leur entreprise ou sur leurs finances.

Aucune déclaration, aucune garantie, ni aucun engagement (explicite ou implicite) n'est donné quant à l'exactitude ou à l'exhaustivité des informations contenues dans le présent rapport. Le CIO ne peut être tenu responsable de toute perte ou de tout dommage, quel qu'il soit, survenant directement ou indirectement, en relation avec toute personne se fiant à la présente publication.

Les images protégées par le droit d'auteur ne peuvent être utilisées sans un accord écrit explicite. Il convient de les traiter comme des illustrations générales, et non comme une représentation exacte du propos.

© CIO, 2026 Tous droits réservés.

Centre
d'innovation
de l'Ontario
ROIV
AUTONOME • CONNECTÉ • ÉLECTRIQUE
Ontario

# 10. Entretiens avec des experts

L'équipe de projet a tenu des consultations ciblées avec des représentants de l'industrie, des intervenants du secteur de la défense, des concepteurs de technologies, des organisations des domaines de l'aérospatiale et de la mobilité et des experts en politiques en juillet et en août 2026. Conformément au protocole de mobilisation, les entretiens ont été anonymisés et les résultats sont présentés sous forme agrégée. Le tableau ci-dessous présente les organismes participants ainsi que leurs représentants et leurs domaines d'expertise.

| Organisme | Représentants |
|---|---|
| Ministère de la Défense nationale | Uriel Marantz, conseiller politique principal, Stratégie industrielle de défense |
| General Motors Defence Canada | Geoffrey Johnstone, directeur général |
| Indro Robotics | Philip Reece, directeur général et fondateur |
| MHIRJ (groupe MHI RJ Aviation de Mitsubishi Heavy Industries) | Ross Mitchell, vice-président principal |
| Superwake | Kanwar Johal, cofondateur |

# 11. Références


[1] Ministère de la Défense nationale (2026). *Sécurité, souveraineté et prospérité : stratégie industrielle de défense du Canada.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/organisation/rapports-publications/strategie-industrielle/securite-souverainete-prosperite.html

[2] Dealroom et le Fonds d'innovation de l'OTAN (2025). *Defence, security and resilience in Europe: 2025 report.* Fonds d'innovation de l'OTAN. https://www.nif.fund/news/inaugural-dealroom-and-nato-innovation-fund-report-reveals-record-breaking-investing-in-startups-in-european-defence-security-and-resilience-sector/

[3] Baldwin, H. (22 novembre 2024). *Technologies critiques à double usage : Défis posés à l'échelle commerciale, réglementaire, sociétale et à la sécurité nationale : (Rapport général no 051 ESC).* Fonds d'innovation de l'OTAN. https://www.nato-pa.int/fr/document/2024-technologies-double-usage-rapport-baldwin-051-esc

[4] PitchBook (5 août 2025). *2025 Vertical Snapshot : Defense Tech. PitchBook Research*. https://pitchbook.com/news/reports/2025-vertical-snapshot-defense-tech

[5] S&P Global Market Intelligence (11 mars 2026). Venture capital investment in defense tech surges while M&A activity slows. https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/articles/2026/3/venture-capital-investment-in-defense-tech-surges-while-m-a-activity-slows-99534071

[6] OTAN (2026). *NATO DIANA Announces Largest-Ever Cohort: 150 Innovators Selected.* https://www.diana.nato.int/connect/nato-diana-announces-largestever-cohort-150-innovators-selected-across-ten-challenge-areas-for-2026-challenge-programme.html

[7]Agence internationale de l'énergie (2025). *Global Critical Minerals Outlook 2025*. https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025

[8] La Maison-Blanche (décembre 2025). *2025 National Security Strategy*. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2025/12/2025-National-Security-Strategy.pdf

[9] McKinsey & Company (2025). *Supply Chain Risk Pulse 2025: Tariffs Reshuffle Global Trade Priorities.* Décembre 2025. https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-risk-survey

[10] Van den Bossche, P., Luo, S., & Rai, K. (2024). *Made in America: Here to stay? 2024 reshoring index.* Kearney. https://www.kearney.com/service/operations-performance/us-reshoring-index/2024

[11] Cabinet du premier ministre (2026, 17 février*). Le premier ministre Carney lance la première Stratégie industrielle de défense du Canada afin de renforcer la sécurité, de créer de la prospérité et d'accroître l'autonomie stratégique*. Gouvernement du Canada. https://www.pm.gc.ca/fr/nouvelles/communiques/2026/02/17/premier-ministre-carney-lance-la-premiere-strategie-industrielle

[12] Center for Strategic and International Studies (1er avril 2025). *The "stacking" effect of the Trump administration's auto tariffs.* https://www.csis.org/analysis/stacking-effect-trump-administrations-auto-tariffs

[13] Affaires mondiales Canada (5 décembre 2019). *Accord Canada – États-Unis – Mexique (ACEUM) – Chapitre 34 – Dispositions finales*. Gouvernement du Canada. https://www.international.gc.ca/trade-commerce/trade-agreements-accords-commerciaux/agr-acc/cusma-aceum/text-texte/34.aspx?lang=fra

[14] Agence internationale de l'énergie (10 avril 2025). *Energy and AI.* https://www.iea.org/reports/energy-and-ai

[15] Investissements Ontario (2026). *Plan d'activités annuel : de l'exercice financier 2026-2027 à l'exercice financier 2030-2031.* Gouvernement de l'Ontario. https://www.investontario.ca/sites/default/files/2026-04/InvestOntario_AnnualBusinessPlan_FY2026-27_to_FY2030-31.pdf

[16] Investissements Ontario (7 avril 2026). *Investissements Ontario se réjouit de l'expansion de l'infrastructure IA de Microsoft en Ontario, qui soutient 1 250 emplois. Investissements Ontario.* https://www.investontario.ca/fr/communiques-de-presse/investissements-ontario-se-rejouit-de-lexpansion-de-linfrastructure-ia-de-microsoft-en-ontario-qui-soutient-1-250-emplois

[17] Ministère du Développement économique, de la Création d'emplois et du Commerce de l'Ontario (2026, 7 avril). *L'Ontario salue l'extension de l'infrastructure d'IA de Microsoft. Salle de presse de l'Ontario.* https://news.ontario.ca/fr/release/1007259/lontario-salue-lextension-de-linfrastructure-dia-de-microsoft

[18] CEE-ONU (2025). *World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29).* https://unece.org/transport/vehicle-regulations

[19] ISO/SAE (2021). ISO/SAE 21434 : 2021 *Véhicules routiers – Ingénierie de la cybersécurité*. https://www.iso.org/fr/standard/70918.html

[20] Moyer, J. C. (23 décembre 2025). *Prioritizing Canada's investment in Arctic infrastructure.* Atlantic Council. https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/prioritizing-canadas-investment-in-arctic-infrastructure/

[21] Saltini, A. (18 mars 2024). *Navigating cyber vulnerabilities in AI enabled military systems*. European Leadership Network. https://europeanleadershipnetwork.org/commentary/navigating-cyber-vulnerabilities-in-ai-enabled-military-systems/

[22] Ministère de la Défense nationale (2024). *La Stratégie d'intelligence artificielle du ministère de la Défense nationale et des Forces armées canadiennes. Gouvernement du Canada*. https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/organisation/rapports-publications/mdn-fac-strategie-intelligence-artificielle/ligne-effort-1.html

[23] Direction générale de l'industrie de la défense et de l'espace (15 décembre 2025). *From AI to quantum : How the European Defence Fund shapes the future of EU defence technologies*. Commission européenne. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/ai-quantum-how-european-defence-fund-shapes-future-eu-defence-technologies-2025-12-15_en

[24] Quantum Systems (10 septembre 2025). *Skyports Drone Services and Quantum Systems form partnership and launch new drone surveillance service "Overwatch".* https://quantum-systems.com/news/skyports-drone-services-and-quantum-systems-form-partnership/

[25] Tectonic Defense (18 juillet 2025). *Helsing unveils CA-1 unmanned fighter concept.* Tectonic Defense. https://www.tectonicdefense.com/helsing-unveils-ca-1-unmanned-fighter-concept/

[26] Park, K. (17 novembre 2025). *Bone AI raises $12M to challenge Asia's defense giants with AI-powered robotics*. TechCrunch. https://techcrunch.com/2025/11/17/bone-ai-raises-funding-to-challenge-asias-defense-giants-with-next-gen-ai-powered-robotics/

[27] Alexa, S. (16 juillet 2026). *South Korea to build $36M AI defense robotics hub*. Military AI. https://militaryai.ai/south-korea-defense-ai-hub/

[28] IBM (s.d.). *High performance computing (HPC) and AI.* IBM. https://www.ibm.com/think/topics/hpc-ai

[29] Pilz, K. F., Mahmood, Y., & Heim, L. (2025). *AI's power requirements under exponential growth: Extrapolating AI data center power demand and assessing its potential impact on U.S. competitiveness (RR-A3572-1)*. RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA3572-1.html

[30] Semiconductor Industry Association (2026). *Powering AI: The semiconductor ecosystem at the foundation of data centers*. Semiconductor Industry Association. https://www.semiconductors.org/powering-ai-the-semiconductor-ecosystem-at-the-foundation-of-data-centers/

[31] Goodrich, J. (10 février 2025). *Don't be fooled, advanced chips are important for national security.* RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/commentary/2025/02/dont-be-fooled-advanced-chips-are-important-for-national.html

[32] RIKEN (s.d.). Large-scale digital twin research team. https://www.riken.jp/en/research/labs/r-ccs/largesc_digitaltwin/index.html

[33] Kearney, L. (9 juillet 2025). *America's largest power grid is struggling to meet demand from AI.* Reuters.

[34] Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (2026). *Exportations et importations de l'Ontario.* SIERE. https://www.ieso.ca/power-data/supply-overview/imports-and-exports

[35] Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (2026). *2025 year in review.* SIERE. https://www.ieso.ca/en/corporate-ieso/media/year-end-data

[36] Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (20 mars 2026). *2026 Annual Planning Outlook*. SIERE. 2026 Annual Planning Outlook

[37] Bain, W. (25 juin 2025). *Digital twins in defense: Enhancing decision-making and mission readiness.* Federal News Network. https://federalnewsnetwork.com/commentary/2025/06/digital-twins-in-defense-enhancing-decision-making-and-mission-readiness/

[38] Holt, N. (27 mars 2025). *Future-ready: BMW's digital transformation of its Munich plant and beyond*. Automotive Manufacturing Solutions. https://www.automotivemanufacturingsolutions.com/smart-factory/future-ready-bmws-digital-transformation-of-its-munich-plant-and-beyond/523748

[39] S&P Global Mobility (2025). *Digital twins in the automotive industry explained. S&P Global Mobility*. https://www.spglobal.com/automotive-insights/en/blogs/2025/08/digital-twins-in-the-automotive-industry-explained

[40] Accenture (2022). *Digital twin done right: Twin-driven and AI-enabled is the future of product development.* Accenture. https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/pdf/pdf-143/accenture-digital-twin-done-right-pov-final.pdf

[41] Camarella, S., Conway, M. P., Goering, K., et Huntington, M. (10 janvier 2024). *Digital twins: The next frontier of factory optimization.* McKinsey & Company https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-twins-the-next-frontier-of-factory-optimization.

[42] NAV CANADA (2025). *Modernisation de l'espace aérien canadien : Comment NAV CANADA utilise la technologie des jumeaux numériques pour façonner l'avenir de l'aviation.* NAV CANADA. https://www.navcanada.ca/fr/nouvelles/blogue/modernisation-de-lespace-aerien-canadien--comment-nav-canada-utilise-la-technologie-des-jumeaux-numeriques-pour-faconner-lavenir-de-laviation.aspx

[43] Groupe BMW (11 juin 2025). *BMW scales virtual factory with accelerated computing, digital twins, and AI*. Assembly Magazine. BMW Virtual Factory article. https://www.assemblymag.com/articles/99322-bmw-scales-virtual-factory-with-accelerated-computing-digital-twins-and-ai

[44] Mercedes-Benz (20 septembre 2023). *Mercedes-Benz prepares its digital production system for next-gen platform with NVIDIA Omniverse, MB.OS and generative AI.* NVIDIA Blog. https://blogs.nvidia.com/blog/mercedes-benz-ev-nvidia-omniverse-generative-ai/

[45] Groupe Renault (25 novembre 2024). *Renault Group et le metaverse industriel : La révolution des usines connectées Renault Group.* https://www.renaultgroup.com/magazine/technologie/renault-group-et-le-metaverse-industriel-la-revolution-des-usines-connectees/

[46] Iraola, E., García-Lorenzo, M., Lordan-Gomis, F., Rossi, F., Prieto-Araujo, E., & Badia, R. M. (2025). *HP2C-DT : High-Precision High-Performance Computer-enabled Digital Twin.* Future Generation Computer Systems, 108333. https://doi.org/10.1016/j.future.2025.108333

[47] National Aeronautics and Space Administration (9 octobre 2024). *Lidar.* NASA Langley Research Center. https://science.larc.nasa.gov/LIDAR/

[48] The Utility Expo (2025*). The future of drones in utility infrastructure maintenance.* The Utility Expo. https://www.theutilityexpo.com/news/the-future-of-drones-in-utility-infrastructure-mai

[49] Upstream Security (2025). *Global automotive and smart mobility cybersecurity report.* https://upstream.auto/reports/global-automotive-cybersecurity-report/

[50] National Highway Traffic Safety Administration (2022). *Cybersecurity best practices for the safety of modern vehicles.* U.S. Department of Transportation. NHTSA cybersecurity guidance

[51] INSURICA (s.d.). *Cyber case study: Colonial Pipeline ransomware attack.* INSURICA. https://insurica.com/blog/colonial-pipeline-ransomware-attack/

[52] Joint Base McGuire-Dix-Lakehurst (s.d.). *About Joint Base McGuire-Dix-Lakehurst.* U.S. Department of Defense. https://www.jbmdl.jb.mil/About-Us/About-Us/

[53] Commander, Navy Region Mid-Atlantic (s.d.). *Naval Weapons Station Earle : About.* U.S. Navy. https://cnrma.cnic.navy.mil/Installations/NWS-Earle/About/

[54] Acket-Goemaere, A., Brukardt, R., Klempner, J., Sierra, A., & Stokes, B. (8 avril 2024). *Space: The $1.8 trillion opportunity for global economic growth.* McKinsey & Company and World Economic Forum. https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/space-the-1-point-8-trillion-dollar-opportunity-for-global-economic-growth

[55] Brunner, K.-H. (10 octobre 2021). Space and security: *NATO's role (Special Report No. 025 STC 21 E rev. 2 fin).* Comité des sciences et de la technologie de l'Assemblée parlementaire de l'OTAN. https://hls.today/wp-content/uploads/2022/10/HLS.Today-025-STC-21-E-rev.-2-fin-SPACE-AND-SECURITY-BRUNNER.pdf

[56] FP Explainers (10 mars 2025). *Will Ukraine's front line collapse if Starlink is "turned off" as Elon Musk claims?* FirstPost. https://www.firstpost.com/explainers/ukraine-starlink-turned-elon-musk-russia-war-significance-13870278.html

[57] Bingen, K. A. (16 septembre 2025). Chapter 8: Extending the battlespace to space. In War and the modern battlefield: Insights from Ukraine and the Middle East. Center for Strategic and International Studies. https://www.csis.org/analysis/chapter-8-extending-battlespace-space

[58] Leipertz, R. C. (27 mai 2026). *From imagery to targeting: Commercial satellite support in war*. Lieber Institute for Law and Land Warfare, West Point. https://lieber.westpoint.edu/imagery-targeting-commercial-satellite-support-war/

[59] Erwin, S. (20 février 2024). *The race to back up vulnerable GPS*. SpaceNews. https://spacenews.com/the-race-to-back-up-vulnerable-gps/

[60] Tesla, Inc. (s.d.). AI & robotics. Tesla. https://www.tesla.com/AI

[61] Marks, N. (8 juillet 2024). *Waabi pioneers generative AI to unleash fully driverless autonomous trucking*. NVIDIA Blog. https://blogs.nvidia.com/blog/waabi-autonomous-trucking/

[62] Gatik (10 décembre 2024). AI-driven autonomy: Exploring middle-mile autonomous trucking. Gatik. https://archive.gatik.ai/news/blog/exploring-middle-mile-autonomous-trucking/

[63] Mordor Intelligence (2025). *Automotive Vehicle-to-Everything (V2X) Market Size, Share & Growth Report to 2030.* https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/automotive-v2x-market

[64] USDOT Intelligent Transportation Systems Joint Program Office (2025*). Piloting connected vehicle technology in New York City's dense urban setting.* U.S. Department of Transportation. https://www.itskrs.its.dot.gov/success-strategies/case-study/piloting-connected-vehicle-technology-new-york-citys-dense-urban

[65]Transports Canada (2025). Cadre de sécurité du Canada pour les véhicules connectés et automatisés 2.0. Gouvernement du Canada. https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-connectes-automatises/cadre-securite-canada-vehicules-connectes-automatises-20

[66] Centre d'innovation de l'Ontario (2020). *Connected and automated vehicle readiness plan.* Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (ROIV). https://www.ovinhub.ca/wp-content/uploads/2020/05/CAV-Readiness-Plan-Final-Report-2020-04-03-1.pdf

[67] Waze for Cities (2025). *Program Overview (PDF*). https://web-assets.waze.com/cms/Waze%20for%20Cities-Two-Pager_DIGITAL_Final.pdf

[68] HAAS Alert (2025). Safety Cloud. https://www.haasalert.com

[69] Ministère de la Défense nationale (2024). *Livraisons essentielles : Approvisionnement de fournitures vitales pour les troupes à l'aide de véhicules autonomes.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/programmes/idees-defense/element/projets-competitifs/challenges/livraisons-essentelles-approvisionnement-vehicules-autonomes.html

[70] Rheinmetall AG (13 juillet 2026). *Rheinmetall takes over InterRoC VII: New impulses for autonomous military convoys*. Rheinmetall. Annonce de Rheinmetall concernant les convois militaires autonomes

[71] Centre for Land Warfare Studies (2025). *Starlink: Its implications on the defence forces (Issue Brief No. 445).* https://claws.co.in/wp-content/uploads/2025/06/IB-445-I-Starlink-Its-Implications-on-the-Defence-Forces.pdf

[72] Michelin DDi (2025). *DDi Pavement-Condition Assessment*. https://ddi.michelin.com

[73] Iteris (2025). *ClearMobility Platform*. https://www.iteris.com/clearmobility

[74] Warns, S. (7 juillet 2022). *New technologies drive Tyndall AFB's "Installation of the Future" rebuild.* Air Force Installation and Mission Support Center. https://www.usafe.af.mil/News/Article-Display/Article/3084962/new-technologies-drive-tyndall-afbs-installation-of-the-future-rebuild/

[75] Telesat (s.d.). *Réseau LEO Telesat Lightspeed.* Telesat. https://www.telesat.com/leo-satellites/

[76] CITYROVER (s.d.). *CITYROVER EDGE.* CITYROVER. https://www.cityrover.com/fr/products/cityrover-edge/

[77] Eindhoven University of Technology (10 décembre 2019). *Intelligent camera automatically detects road-side bombs.* https://www.tue.nl/en/news/news-overview/intelligent-camera-automatically-detects-road-side-bombs

[78] FireSwarm Solutions (s.d.). *Who we are.* https://www.fireswarmsolutions.com/whoweare

[79] Forecast International (21 janvier 2025). *Drone wars : Developments in drone swarm technology.* Defense Security Monitor. https://dsm.forecastinternational.com/2025/01/21/drone-wars-developments-in-drone-swarm-technology/

[80] Hernandez-Roy, C., Ziemer, H., et Toro, A. (18 février 2025). *Mining for defense: Unlocking the potential for U.S.-Canada collaboration on critical minerals.* Center for Strategic and International Studies. https://www.csis.org/analysis/mining-defense

[81] Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (11 décembre 2024). *L'OTAN publie une liste de 12 matières premières critiques essentielles.* OTAN. https://www.nato.int/fr/news-and-events/articles/news/2024/12/11/nato-releases-list-of-12-defence-critical-raw-materials

[82] Gouvernement du Canada (2022, mise à jour en 2025). *Stratégie canadienne sur les minéraux critiques. De l'exploration au recyclage : alimenter l'économie verte et numérique du Canada et du monde entier.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/campagne/mineraux-critiques-au-canada/la-strategie-canadienne-sur-les-mineraux-critiques.html

[83] Xu, L. et coll. (2024). *EV Battery Chemistry Affects Supply Chain Disruption Vulnerabilities*. Nature Communications, vol. 15, article 3584. https://www.nature.com/articles/s41467-024-46418-1

[84] Khan, M., David, A., Kelm, D., et Stewart, S. (24 septembre 2024). *Strategic defense critical minerals: A targeted list for national and economic security*. Silverado Policy Accelerator. https://silverado.org/publications/strategic-defense-critical-minerals/

[85] Hackett, J., Sabatino, E., Bint, M., Naradichiantama, D., Gjerstad, M., Bentham, J., Fischbach, J. R., Bearn, L., et Clavilier, Y. (25 mars 2025). *Critical Raw Materials and European Defence*. International Institute for Strategic Studies. https://www.iiss.org/research-paper/2025/03/critical-raw-materials-and-european-defence/

[86] Ministère des Mines de l'Ontario (2026). *Inventaire des minéraux de l'Ontario (autrefois connue sous l'appellation « Inventaire des gisements minéraux ») [Jeu de données].* Catalogue de données ouvertes de l'Ontario. https://data.ontario.ca/fr/dataset/mineral-deposit-inventory-of-ontario

[87] Ministère du Développement du Nord, des Mines, des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (2022). *Une introduction aux minéraux critiques de l'Ontario, avec les points saillants de l'Inventaire des minéraux de l'Ontario* (en anglais seulement). Commission géologique de l'Ontario.

[88] Piercey, S. J., et Brueckner, S. M. (2025). *Indium in a Canadian critical minerals context: Geology, mineralogy, and potential resources for Canada's future*. FACETS. https://doi.org/10.1139/facets-2025-0321

[89] S&P Global (2024*). Critical minerals strategic outlook.* S&P Global Market Intelligence. https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/research/critical-minerals-strategic-outlook

[90] AIE (2025). *Critical Minerals Market Review 2025*.

[91] Resilinc (2025). *Automotive Supply Chain Challenges 2025*. Resilinc Special Report. https://resilinc.ai/learning-center/white-papers-reports/resilinc-special-report-automotive-supply-chain-challenges-2025-compliance-shortages-and-global-disruptions/

[92] Département de la Défense des États-Unis (19 août 2024). *Department of Defense awards $20 million to establish sustainable cobalt sulfate production for large capacity battery supply chain.* Département de la Défense des États-Unis. https://www.war.gov/News/Releases/Release/Article/3877791/department-of-defense-awards-20-million-to-establish-sustainable-cobalt-sulfate/

[93] Innovation, Sciences et Développement économique Canada (4 mai 2026). *Le gouvernement du Canada annonce un investissement majeur dans la raffinerie d'Electra Battery Materials pour qu'elle en augmente la capacité à Temiskaming Shores, en Ontario.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2026/05/le-gouvernement-du-canada-annonce-un-investissement-majeur-dans-la-raffinerie-delectra-battery-materials-pour-quelle-en-augmente-la-capacite-a-temi.html

[94] Electra Battery Materials Corporation (12 septembre 2025). *Electra signs term sheet with Ontario for C$17.5 million as part of C$100 million cobalt refinery investment*. https://electrabmc.com/news-releases/news/electra-signs-term-sheet-with-ontario-for-c17-5-million-as-part-of-c100-million-cobalt-refinery-investment

[95] United States Antimony Corporation (27 juin 2025). *United States Antimony announces critical mineral acquisition Fostung tungsten property Ontario, Canada*. Newswire. https://www.newswire.com/view/content/united-states-antimony-announces-critical-mineral-acquisition-fostung-tungsten

[96] Rédacteur. (3 mars 2026). *US Antimony says Ontario project holds tungsten resource worth $4.6B*. MINING.COM. https://www.mining.com/us-antimony-estimates-resource-for-ontario-tungsten-project/

[97] Société Canada Nickel (s.d.). *Crawford.* Canada Nickel. https://canadanickel.com/project/crawford/

[98] Ressources naturelles Canada (13 novembre 2025). *Le Bureau des grands projets s'occupera du projet Crawford de Canada Nickel.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/ressources-naturelles-canada/nouvelles/2025/11/le-bureau-des-grands-projets-soccupera-du-projet-crawford-de-canada-nickel.html

[99] Frontier Lithium Inc. (31 juillet 2025). *Frontier advances lithium conversion facility with definitive feasibility study award.* Newswire. https://www.newswire.ca/news-releases/frontier-advances-lithium-conversion-facility-with-definitive-feasibility-study-award-857409467.html

[100] Ressources naturelles Canada (7 octobre 2024). *Le Canada libérera le potentiel de mise en valeur des minéraux critiques dans le Nord de l'Ontario grâce à de nouveaux financements : Document d'information.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/ressources-naturelles-canada/nouvelles/2024/10/le-canada-liberera-le-potentiel-de-mise-en-valeur-des-mineraux-critiques-dans-le-nord-de-lontario-grace-a-de-nouveaux-financements.html

[101] Gouvernement de l'Ontario (12 décembre 2025). *L'Ontario lance un fonds de 500 millions de dollars pour le traitement des minéraux critiques.* Salle de presse de l'Ontario. https://news.ontario.ca/fr/release/1006854/lontario-lance-un-fonds-de-500-millions-de-dollars-pour-le-traitement-des-mineraux-critiques

[102] KPMG Canada. (2025). *Métaux et minéraux essentiels. Choix critiques. Le secteur minier canadien peut prospérer malgré l'incertitude mondiale.* KPMG Canada. https://kpmg.com/ca/fr/insights/2025/12/essential-metals-and-minerals-critical-choices.html

[103] KPMG Canada. (2026). *Renforcer la résilience et la productivité malgré les perturbations.* KPMG Canada. https://kpmg.com/ca/fr/insights/2025/11/building-resilience-and-productivity-amid-disruption.html

[104] Falzata, J., Basta, F. et Balano, B. (2025). *The automotive anatomy of Ontario: Understanding the impact of tariffs on Ontario small businesses*. Fédération canadienne de l'entreprise indépendante. https://www.cfib-fcei.ca/hubfs/research/reports/2025/The%20Automotive%20Anatomy%20of%20Ontario%20(EN).pdf

[105] Groupe Volkswagen (2025). *Sustainability in the supply chain.* Groupe Volkswagen. https://www.volkswagen-group.com/en/sustainability-in-the-supply-chain-16113

[106] Groupe BMW (11 décembre 2025). *Catena-X connects digital supply chains.* Groupe BMW. https://www.bmwgroup.com/en/news/general/2025/catena-x-connects-digital-supply-chains.html

[107] Commission européenne (2023*). Règlement (UE) 2023/1542 relatif aux batteries et aux déchets de batteries* Union européenne. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj

[108] Ressources naturelles Canada (2025). *Feuille de route du G7 pour encourager la création de marchés fondés sur des normes pour les minéraux critiques*. Gouvernement du Canada, 31 octobre 2025. https://www.canada.ca/fr/ressources-naturelles-canada/nouvelles/2025/10/feuille-de-route-du-g7-pour-encourager-la-creation-de-marches-fondes-sur-des-normes-pour-les-mineraux-critiques.html

[109] Badlam, J., Cox, J., Kumar, A., Mehta, N., O'Rourke, S. et Silvis, J. (2022). *The Inflation Reduction Act: Here's What's in It*. McKinsey & Company, 24 octobre 2022. https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-inflation-reduction-act-heres-whats-in-it.

[110] Bureau de la logistique de défense des États-Unis. (5 août 2025). *Supply chain traceability.* Département de la Défense des États-Unis. https://www.dla.mil/Small-Business/Resource-Center/Training-Resources/Details/Article/4181179/supply-chain-traceability/

[111] Defense Acquisition Regulations System (2 août 2016). *Defense Federal Acquisition Regulation Supplement: Detection and avoidance of counterfeit electronic parts—Further implementation (DFARS Case 2014-D005) (DPN20160802).* Acquisition.gov. https://www.acquisition.gov/reg-change-notice/dpn20160802

[112] Defense Business Board (13 janvier 2025). *Supply chain illumination in the Department of Defense: Leveraging private-sector best practices to enhance DoD supply chain visibility and decision making (DBB FY25-02).* Département de la Défense des États-Unis. https://dbb.defense.gov/Portals/35/Documents/Reports/2025/DBB%20Supply%20Chain%20Illumination%20Report%20CLEARED.pdf

[113] Affaires mondiales Canada (2023). *Accord Canada–États-Unis–Mexique (ACEUM) – Chapitre 26 – Compétitivité.* Gouvernement du Canada. https://www.international.gc.ca/trade-commerce/trade-agreements-accords-commerciaux/agr-acc/cusma-aceum/text-texte/26.aspx?lang=fra

[114] Innovation, Sciences et Développement économique Canada. *L'industrie canadienne de l'automobile.* Gouvernement du Canada, date de modification : 5 mars 2026. https://ised-isde.canada.ca/site/isde/fr/recherche-renseignements-daffaires/renseignements-secteurs-lindustrie/industries-fabrication/lindustrie-canadienne-lautomobile

[115] Waterloo Economic Development Corporation (22 février 2023). *Ford Motor Company inaugure un centre d'innovation à Waterloo* (traduction automatique en français). https://www.waterlooedc.ca/blog/ford-motor-company-innovation-waterloo

[116] Canoga Perkins (18 mars 2025). *5G URLLC: Transforming Industries with Ultra-Reliable Low Latency Communications*. https://www.canogaperkins.net/post/5g-time-sensitive-networking-tsn-the-future-of-deterministic-communication-1

[117] Agence de l'investissement pour la défense (27 mai 2026). *Mise en œuvre de la Stratégie industrielle de défense.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/agence-investissement-defense/organisation/miseenoeuvre-strategie-industrielle-defense.html

[118] Gouvernement du Canada (avril 2024). *Notre Nord, fort et libre : Une vision renouvelée pour la défense du Canada.* https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/organisation/rapports-publications/nord-fort-libre-2024.html

[119] Gouvernement de l'Ontario (28 mai 2026). *Cadre pour la Stratégie industrielle de l'Ontario en matière de défense.* Salle de presse de l'Ontario. https://news.ontario.ca/assets/files/20260528/0c8c05170a650aa4b5d3161d529b757e.pdf

[120] Gouvernement de l'Ontario (28 mai 2026). *L'Ontario dévoile le cadre de sa Stratégie industrielle en matière de défense*. Salle de presse de l'Ontario. https://news.ontario.ca/fr/release/1007513/lontario-devoile-le-cadre-de-sa-strategie-industrielle-en-matiere-de-defense

[121] Gouvernement de l'Ontario (9 mars 2026). *L'Ontario nomme le premier représentant de la défense militaire de la province.* Salle de presse de l'Ontario. https://news.ontario.ca/fr/release/1007129/lontario-nomme-le-premier-representant-de-la-defense-militaire-de-la-province

[122] Innovation, Sciences et Développement économique Canada (2026). *Rapport de l'état de l'industrie de la défense au Canada – Printemps 2026.* Gouvernement du Canada. https://ised-isde.canada.ca/site/ised/sites/default/files/documents/EtatCanadiennedefenceRapport2026_fra.pdf

[123]Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (juin 2026). *Initiative régionale d'investissement dans la défense dans le Sud de l'Ontario.* Gouvernement du Canada. https://feddev-ontario.canada.ca/fr/financement-pour-sud-lontario/initiative-regionale-dinvestissement-pour-defense-dans-sud-lontario

[124] Niagara Economic Development (décembre 2025). *Regional Defence Investment Initiative in Southern Ontario.* Niagara Economic Development. https://niagaracanada.com/regional-defence-investment-initiative-in-southern-ontario/

[125] Gouvernement de l'Ontario (5 novembre 2025). *Protéger l'Ontario en bâtissant l'économie la plus concurrentielle du G7 : Chapitre 1, Section B – Économie. Exposé automne 2025.* https://budget.ontario.ca/fr/2025/fallstatement/chapter-1b-economy.html

[126] L3Harris Technologies (2025). *WESCAM® MX-Series.* L3Harris Technologies. https://www.l3harris.com/all-capabilities/wescam-mx-series

[127] MDA Space (4 décembre 2025). *MDA Space obtient un contrat initial de l'Agence spatiale canadienne pour un satellite supplémentaire de la mission de la Constellation RADARSAT*. https://mda.space/fr/article/mda-space-obtient-un-contrat-initial-de-lagence-spatiale-canadienne-pour-un-satellite-supplementaire-de-la-mission-de-la-constellation-radarsat

[128] General Dynamics Land Systems–Canada. (2025). *Corporate overview.* General Dynamics Land Systems–Canada. https://www.gdlscanada.com

[129]Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (5 décembre 2025). *Une nouvelle initiative pour aider à développer les occasions d'affaires dans les chaînes d'approvisionnement du secteur de la défense du Canada.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/developpement-economique-sud-ontario/nouvelles/2025/12/une-nouvelle-initiative-pour-aider-a-developper-les-occasions-daffaires-dans-les-chaines-dapprovisionnement-du-secteur-de-la-defense-du-canada.html

[130] Careless, J. (15 juillet 2024). *Cover story: Roshel Smart Armored Vehicles.* Canadian Defence Review. https://canadiandefencereview.com/cover-story-roshel-smart-armored-vehicles/

[131] Invest Brampton (3 juin 2026). *Brampton positioned for Canada's next decade of defence growth.* Bureau de développement économique de la ville de Brampton. https://investbrampton.ca/brampton-positioned-for-canadas-next-decade-of-defence-growth/

[132] Roshel (s.d.). *Military and Law Enforcement Vehicles*. Roshel Smart Armored Vehicles. https://roshel.com/products/defense/

[133] Armo Tool (s.d.). *Automotive*. https://armotool.com/automotive/

[134] JROBERTS Defence (s.d.). *JROBERTS Defence: Trusted partner for LUVW parts & services*. https://jrobertsdefence.com/

[135] QNX (15 avril 2026). *QNX and TKMS collaborate to bring Canadian software innovation to global naval defence programs*. QNX Software Systems. https://qnx.software/en/press-release/2026/qnx-and-tkms-collaborate-to-bring-canadian-software-innovation-to-global-naval-defence-programs

[136] GBatteries (s.d.). *Li-metal batteries for the future of mobility*. https://www.gbatteries.com/

[137] Investissements Ontario (s.d.). *Automobile.* Investissements Ontario. https://www.investontario.ca/fr/automobile

[138] Ontario Battery and Electrochemistry Research Centre (s.d.). *Ontario Battery and Electrochemistry Research Centre*. Université de Waterloo. https://uwaterloo.ca/ontario-battery-electrochemistry-research-centre/

[139] Canadian Dual-Use Technology Consortium (s.d.). *Member capabilities*. DualUseTech.ca. https://dualusetech.ca/capabilities

[140] Centre for Automotive Materials and Corrosion (s.d.). *Centre for Automotive Materials and Corrosion*. Université McMaster, Faculté de génie. https://www.eng.mcmaster.ca/centre-automotive-materials-and-corrosion/

[141] Vaid Lab for Dual-Use Technologies (s.d.). *Vaid Lab for dual-use technologies*. École de commerce DeGroote, Université McMaster. https://research.degroote.mcmaster.ca/centers-and-institutes/vaid-lab-for-dual-use-technologies/

[142] Electric Vehicle Innovation Ontario (EVIO) (2025). *Developing Canada's next generation of automotive mobility technologies.* Université de Toronto. https://evio.utoronto.ca/

[143] Institut de robotique de l'Université de Toronto (2024). *U of T Engineering researchers are making self-driving cars safer by enhancing tracking abilities*. https://robotics.utoronto.ca/news/u-of-t-engineering-researchers-are-making-self-driving-cars-safer-by-enhancing-tracking-abilities/

[144] Creative Destruction Lab (26 février 2026). *Government of Canada invests in CDL Defence to accelerate dual-use technologies from research to deployment*. Creative Destruction Lab. https://creativedestructionlab.com/blog/government-of-canada-defence/

[145] Université de Windsor. (s.d.). *Centre for automotive research and education*. https://www.uwindsor.ca/engineering/research/422/centre-automotive-research-and-education

[146] Centre d'excellence en cybersécurité automobile SHIELD (s.d.). *SHIELD Automotive Cybersecurity Centre of Excellence*. https://www.shieldautocybersecurity.com/

[147] Université technologique de l'Ontario (16 juillet 2024). *Ontario Tech earns designation as NATO test centre for development of civilian and military technologies.* Ontario Tech University News and Announcements. https://news.ontariotechu.ca/archives/2024/07/ontario-tech-earns-designation-as-nato-test-centre-for-development-of-civilian-and-military-technologies.php

[148] Université technologique de l'Ontario (s.d.). *Automotive Centre of Excellence.* Faculté de génie et des sciences appliquées. https://engineering.ontariotechu.ca/research/research-labs/automotive-centre-of-excellence.php

[149] Université Western (s.d.). *Dual-use research*. Western Research. https://www.uwo.ca/research/partner/research-partnerships/dual-use.html

[150] Université Carleton (s.d.). *Industrial design students win Project Arrow.* École de design industriel. https://carleton.ca/id/more/project-arrow/

[151] Université Carleton (s.d.). *National Centre for Critical Infrastructure Protection, Security and Resilience (NC-CIPSeR)*. https://carleton.ca/cipser/

[152] Université Carleton (5 mars 2025). *Securing Canada's Arctic: A strategic imperative for multi-use, multi-user infrastructure*. National Centre for Critical Infrastructure Protection, Security and Resilience (NC-CIPSeR). https://carleton.ca/cipser/2025/securing-canadas-arctic/

[153] Innovation Factory (6 février 2026). *Le Réseau ontarien d'innovation automobile (OVIN) soutient un investissement de près de 70 millions de dollars pour établir neuf sites régionaux de développement technologique à travers l'Ontario.* Innovation Factory. https://innovationfactory.ca/the-ontario-vehicle-innovation-network-ovin-supports-a-nearly-70-million-investment-to-establish-nine-regional-technology-development-sites-across-ontario/

[154] Ville de Toronto (27 mai 2024). *City of Toronto partners with the Ontario Vehicle Innovation Network (OVIN) to pilot urban mobility technologies*. Ville de Toronto. https://www.toronto.ca/news/city-of-toronto-partners-with-the-ontario-vehicle-innovation-network-ovin-to-pilot-urban-mobility-technologies/

[155] Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (s.d.). *Demonstration Zone*. OVIN Hub. https://www.ovinhub.ca/ecosystem/demonstration-zone/

[156] Guichet-Emplois Canada. (2025). *Fabrication de véhicules automobiles, de carrosseries, de remorques et de pièces : Ontario 2024-2026*. Gouvernement du Canada. https://www.guichetemplois.gc.ca/analyse-tendances/rapports-marche-travail/ontario/fabrication-d-automobiles

[157] Association canadienne des constructeurs de véhicules (s.d.). *L'industrie. Faits*. ACCV. https://www.cvma.ca/fr/lindustrie/faits/

[158] Réseau Trillium pour la fabrication de pointe (février 2026). *The road behind is not the road ahead*. Data Bulletin. https://trilliummfg.ca/data-bulletin/the-road-behind-is-not-the-road-ahead

[159] Triolo, P. (2025). *Building a long-term North American Semiconductor ecosystem.* Brookings Institution. https://brookings.edu/articles/building-a-long-term-north-american-semiconductor-ecosystem

[160] Bipartisan Policy Center (2026). *Unpacking the FEOC provisions in the One Big Beautiful Bill Act*. https://bipartisanpolicy.org/explainer/unpacking-the-feoc-provisions-in-the-one-big-beautiful-bill-act

[161] Gouvernement de l'Ontario (5 mars 2026). *L'Ontario célèbre l'inauguration officielle de l'usine de batteries de NextStar Energy à Windsor*. Salle de presse de l'Ontario. https://news.ontario.ca/fr/release/1007118/lontario-celebre-linauguration-officielle-de-lusine-de-batteries-de-nextstar-energy-a-windsor

[162] Gouvernement de l'Ontario (21 avril 2023). *La nouvelle usine de batteries pour véhicules électriques de Volkswagen permettra de créer des milliers d'emplois*. Salle de presse de l'Ontario. https://news.ontario.ca/fr/release/1002955/la-nouvelle-usine-de-batteries-pour-vehicules-electriques-de-volkswagen-permettra-de-creer-des-milliers-demplois

[163] Groupe Volkswagen (12 décembre 2023). *Volkswagen-backed PowerCo SE reaches significant milestone in St. Thomas gigafactory project*. https://www.volkswagen-group.com/en/press-releases/volkswagen-backed-powerco-se-reaches-significant-milestone-in-st-thomas-gigafactory-project-17962

[164] Accélérateur d'innovation de défense pour l'Atlantique Nord de l'OTAN (DIANA) (s.d.). *Test centres*. DIANA de l'OTAN. https://www.diana.nato.int/test-centres.html

[165] Université technologique de l'Ontario, soufflerie aérodynamique climatique du centre d'excellence automobile (s.d.). *Aerospace and defence testing*. Université technologique de l'Ontario. https://ace.ontariotechu.ca/markets/aerospace-and-defence.php

[166] Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (s.d.). *Sites régionaux de développement de technologies*. Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules. https://www.ovinhub.ca/ecosystem/regional-technology-development-sites/

[167] CORE5 (s.d.). *Ecosystem*. CORE5. https://core5.tech/ecosystem/

[168] Comté de Simcoe (4 mars 2026). *Ontario invests in Simcoe County, Barrie and Orillia to accelerate automotive and smart mobility innovation*. https://simcoe.ca/featured-news/ontario-invests-in-simcoe-county-barrie-and-orillia-to-accelerate-automotive-and-smart-mobility-innovation/

[169] Zone X.O (s.d.). *Nos installations*. https://areaxo.com/fr/nos-installations/

[170] Zone X.O (28 janvier 2025). *Maximizing potential: Area X.O's support for defence innovators as a NATO DIANA test centre*. Area X.O Blog. https://areaxo.com/blog/maximizing-potential-area-x-os-support-for-defence-innovators-as-a-nato-diana-test-centre/

[171] Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (14 mai 2026). *Catalyst Connected Infrastructure Network named as lead for OVIN Regional Technology Development Site, positioning Waterloo Region as a live testbed for next-generation mobility*. https://www.ovinhub.ca/catalyst-connected-infrastructure-network-named-as-lead-for-ovin-regional-technology-development-site-positioning-waterloo-region-as-a-live-testbed-for-next-generation-mobility/

[172] Labforge (s.d.). *Snow Flea*. https://www.labforge.ca/snow-flea/

[173] Ministère de la Défense nationale (15 mai 2018). *L'ARC conclut un partenariat de technologie de sécurité avec Labforge.* Aviation royale canadienne. Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/feuille-derable/arc/migration/2018/arc-conclut-un-partenariat-de-technologie-de-securite-avec-labforge.html

[174] Banque de développement du Canada (18 juin 2026). *L'accélération des investissements en défense crée une réalité à trois vitesses parmi les PME, révèle une étude de BDC*. Banque de développement du Canada. https://www.bdc.ca/fr/a-propos/centre-des-medias/communiques-presse/acceleration-investissements-en-defense-cree-realite-trois-vitesses-parmi-pme-revele-etude-bdc

[175] da Mota, M. et Carbonneau, L. (avril 2026). *Bâtir des biens communs industriels canadiens à double usage* [rapport d'orientation]. Centre de politique industrielle, L'Accélérateur de transition. https://politiqueindustrielle.ca/wp-content/uploads/2026/04/CPI_Batir_des_biens_Communs_Industriels_Canadiens_a_Double_Usage_Digital.pdf

[176] Propriété intellectuelle Ontario. (27 novembre 2025). *Le CIO et PIO ont conclu un partenariat pour aider les innovateurs de l'Ontario à dynamiser, à protéger et à étendre les technologies fabriquées en Ontario.* https://ip-ontario.ca/francais/nouvelles/le-cio-et-pio-ont-conclu-un-partenariat-pour-aider-les-innovateurs-de-lontario-dynamiser-protger-et-tendre-les-technologies-fabriques-en-ontario

[177]Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (17 juin 2026). *Initiative régionale d'investissement dans la défense dans le Sud de l'Ontario.* Gouvernement du Canada. https://feddev-ontario.canada.ca/fr/financement-pour-sud-lontario/initiative-regionale-dinvestissement-pour-defense-dans-sud-lontario

[178] Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (s.d.). *Programmes.* https://www.ovinhub.ca/fr/programmes/

[179] Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (s.d.). *Accueil.* https://www.ovinhub.ca/fr/

[180] Banque de développement du Canada (18 juin 2026). *L'accélération des investissements en défense crée une réalité à trois vitesses parmi les PME, révèle une étude de BDC.* https://www.bdc.ca/fr/a-propos/centre-des-medias/communiques-presse/acceleration-investissements-en-defense-cree-realite-trois-vitesses-parmi-pme-revele-etude-bdc

[181]Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (22 février 2024). *Le gouvernement du Canada soutient l'établissement de deux sites d'essais de classe mondiale dans le milieu des technologies automobiles et de mobilités de l'Ontario.* Gouvernement du Canada. https://www.canada.ca/fr/developpement-economique-sud-ontario/nouvelles/2024/02/le-gouvernement-du-canada-soutient-letablissement-de-deux-sites-dessais-de-classe-mondiale-dans-le-milieu-des-technologies-automobiles-et-de-mobili.html