



PRIMA

Les matériaux pour avancer



FEUILLE DE ROUTE 2035

LES MATÉRIAUX AVANCÉS ET PROCÉDÉS ASSOCIÉS
POUR LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE

TABLE DES MATIÈRES

3 INTRODUCTION

- 3 Avant-propos
- 4 Sommaire
- 5 Mot de la présidente
- 6 La démarche

8 MISE EN CONTEXTE

- 8 Un monde en transition
- 10 L'écosystème québécois des matériaux avancés

14 AMBITION 2035

- 14 Énoncé de vision et orientations
- 15 **Orientation 1** : Augmenter la circularité des matériaux avancés au sein des chaînes d'approvisionnement
- 17 **Orientation 2** : Devenir un chef de file en recherche
- 20 **Orientation 3** : Intensifier l'émergence des jeunes entreprises
- 21 **Orientation 4** : Encourager la croissance des petites et moyennes entreprises
- 23 **Orientation 5** : Développer une relève et main-d'œuvre compétentes
- 25 **Orientation 6** : Donner aux entreprises accès à plus de capital patient
- 26 **Orientation 7** : Moderniser les marchés publics et cadres réglementaires

28 CONCLUSION

- 28 Mot de la fin
- 29 Remerciements des participants à la démarche

32 ANNEXES

- 32 Annexe A : Portrait des 4 secteurs priorités
- 45 Annexe B : Glossaire
- 47 Annexe C : Références



AVANT-PROPOS

Les impacts des changements climatiques se font de plus en plus sentir sur nos sociétés. C'est pour s'attaquer à cet enjeu sociétal majeur que plusieurs pays ou régions à travers le monde se sont engagées à atteindre la carboneutralité en 2050. Pour ce faire, les chercheurs, les industriels, les gouvernements et les consommateurs doivent s'investir et se mobiliser. Les trajectoires qui permettront au Québec, au Canada d'atteindre la carboneutralité exigeront plusieurs stratégies.

Dans cette course mondiale à la décarbonation, tous les pays tentent de se positionner. Souvent, la tendance est à mesurer la position relative des pays par les produits finis qui y sont fabriqués, véhicules électriques, éoliennes, panneaux solaires, technologies propres... mais la bataille la plus importante se joue probablement en amont des produits finis.

Les matériaux sont au cœur même du processus d'innovation industrielle et le Québec tout comme le Canada devra s'investir dans le développement et la commercialisation d'une nouvelle génération de matériaux avancés et écoresponsables pour offrir des solutions rapides et efficaces afin de surmonter plusieurs défis sous-jacents à la décarbonation des procédés, des industries, voire de l'économie dans son ensemble.

PARTENAIRES FINANCIERS

Principal bailleur de fonds de ce projet structurant, PRIMA Québec a également reçu un soutien financier du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE), d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE), ainsi que de Développement économique Canada pour les régions du Québec (DEC). *



Développement
économique Canada
pour les régions du Québec



Innovation, Sciences et
Développement économique Canada

COMITÉ DE PILOTAGE

La démarche a bénéficié de l'engagement et des conseils d'un comité de pilotage tout au long des travaux. Leur implication à chaque étape du processus a permis de garantir la rigueur et la pertinence de l'approche et de la feuille de route:

Maxime Duval - Conseiller en développement industriel, Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE)

Mario Vendittoli - Directeur de l'intelligence économique, Développement Économique Canada (DEC)

René Poirier - Gestionnaire régional - Québec Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE)

Denis Geoffroy - Chief Commercialization Officer, NanoOne

Luc Pouliot - Directeur Général, Polycontrols

Simon Thibault - EV Critical Material Leader, Genera Motors

Audrey Laventure - Professeure adjointe, Institut Courtois, Université de Montréal

Caroline Cloutier - Directrice R-D, Conseil national de recherches Canada (CNRC)

Jean-François Morin - Professeur titulaire, Institut des matériaux durables

Valérie Boissonneault - Directrice Zones d'innovation, Investissement Québec (IQ)

Pascal Lanctôt - Associé Fonds Technologiques pour le climat, Banque de Développement du Canada (BDC)

Daniel Normandin - Directeur du CERIEC (ÉTS)

Maude Lizaire - Étudiante au doctorat, Institut Québécois d'Intelligence Artificielle (MILA)

Liza Abid - Étudiante au doctorat, Université Laval

ACCOMPAGNATEUR STRATÉGIQUE

PRIMA Québec a mandaté la firme Sia Partenaires (Sia Partners) pour les accompagner dans la réalisation des travaux.

* Le contenu de ce document n'engage en aucune façon les organisations gouvernementales qui ont participé au financement de l'initiative ou à certaines de ses analyses ou activités.



SOMMAIRE

La présente feuille de route sur les matériaux avancés et procédés associés constitue une première dans ce domaine au Canada. Elle entend contribuer à résoudre **trois grands défis sociétaux**, soit:

- 1 Réaliser la transition énergétique et décarboner les industries pour atteindre la carboneutralité d'ici 2050, en travaillant notamment avec les zones d'innovation;
- 2 Accroître la productivité par une transition vers le numérique afin de maintenir et améliorer notre niveau de vie;
- 3 Sécuriser les chaînes d'approvisionnement stratégiques du pays en réduisant notre dépendance étrangère aux minéraux, matériaux, composants et services nécessaires aux transitions énergétique et numérique.

Cette démarche mobilisatrice a permis de rassembler plus de 150 acteurs et experts du domaine et de se rallier autour d'**une vision partagée**:

“D’ici 2035, le Québec aura su développer et commercialiser, en accéléré, une nouvelle génération de matériaux avancés et de procédés durables et compétitifs grâce à un écosystème engagé et collaboratif. ”

Sept grandes orientations découlent de cette vision. Différents objectifs découlent des six premières, alors que la septième offre une série de recommandations qui visent à améliorer les conditions dans lesquelles les entreprises évolueront.

Orientation 1

Augmenter la circularité des matériaux avancés au sein des chaînes d'approvisionnement

Orientation 2

Devenir un chef de file en recherche

Orientation 3

Intensifier l'émergence des jeunes entreprises

Orientation 4

Encourager la croissance des petites et moyennes entreprises

Orientation 5

Développer une relève et une main-d'œuvre compétentes

Orientation 6

Assurer plus de capital patient aux entreprises

Orientation 7

Moderniser les marchés publics et les cadres réglementaires



MOT DE LA PRÉSIDENTE

C'est avec enthousiasme et fierté que PRIMA Québec se fait le porte-voix de tout l'écosystème des matériaux avancés et présente la Feuille de Route 2035, un document ambitieux qui souhaite répondre à l'un des plus grands défis de notre époque : la décarbonation de l'économie.

« Chaque jour, l'univers fascinant des matériaux avancés propulse le Québec vers un avenir plus vert et plus durable. Tout comme les minéraux critiques et stratégiques, les matériaux avancés sont un important pilier de la décarbonation, de la transition énergétique et de la place grandissante qu'occupe l'économie circulaire dans notre société. »



Marie-Pierre Ippersiel, Ph.D.
Présidente et directrice générale
PRIMA Québec

Au terme d'un exercice de mobilisation aussi inspirant que rassembleur, auquel plus de 275 participants ont été interpellés par le biais de sondages, ateliers et groupes de discussion, la création de la Feuille de Route nous a permis d'articuler une vision et de tisser de nouveaux liens et partenariats autour d'objectifs et de résultats partagés.

Certes, les orientations présentées dans cette feuille de route marquent l'aboutissement d'une démarche amorcée au printemps, mais elle se veut surtout le début d'un processus continu, où de nouvelles actions pourront se greffer, afin de positionner le Québec sur les marchés internationaux tout en renforçant le rôle stratégique des matériaux avancés pour l'avenir de notre planète.

Je tiens à remercier chaleureusement tous les membres du comité de pilotage pour leur participation à cet effort collectif et collaboratif. Ma reconnaissance va également à l'équipe de PRIMA Québec, notre conseil d'administration, ainsi qu'à René Poirier pour leur soutien indéfectible au projet.

Il en va de même de toutes les entreprises, membres de la communauté de la recherche et organisations consultées dans l'élaboration de cette feuille de route. Tout un chacun y a mis du sien avec cœur et passion et mon souhait le plus cher est qu'ils puissent en être les premiers bénéficiaires.

LA DÉMARCHE

Une feuille de route sert en quelque sorte de plan stratégique qui définit les différentes actions qu'un secteur doit mettre en place pour atteindre des résultats et des buts fixés. Dit autrement, elle assure une vision, des objectifs, et fédère des acteurs par l'entremise d'une initiative commune sur l'ensemble de la chaîne de valeurs et des marchés pour maximiser les retombées.

AMORCÉE EN MARS 2024, LA DÉMARCHE REFLÈTE L'ENGAGEMENT DE PRIMA QUÉBEC À:

- Entreprendre un important exercice de mobilisation de l'écosystème des matériaux avancés avec, en toile de fond, la décarbonation de l'économie;
- Accroître davantage les relations entre l'industrie et la recherche dans le but de positionner le Québec sur les marchés;
- Positionner davantage le secteur des matériaux avancés comme pilier des objectifs de décarbonation du Québec et de préservation de la biodiversité.





LA DÉMARCHE (SUITE)

LA FEUILLE DE ROUTE A ÉTÉ ÉLABORÉE SELON QUATRE GRANDES PHASES :



Mise à jour sur les tendances mondiales et l'écosystème

La première phase consistait à réunir tous les contenus stratégiques liés au secteur des matériaux avancés et aux procédés associés. Cela comprenait notamment une enquête sur l'offre et la demande, une étude des publications scientifiques et des brevets, un sondage destiné aux industriels et aux chercheurs, ainsi que des entretiens avec des experts du domaine.

Identification des secteurs et thèmes stratégiques

La consolidation de ces contenus a permis de prioriser quatre secteurs d'applications au Québec pour cette première mouture de la feuille de route: l'énergie, le transport, l'électronique et l'environnement.*

L'exercice a également soulevé trois thématiques transversales, soit des sujets méritant une exploration approfondie : financement, jeunes entreprises (start-ups) et commercialisation, adoption technologique et main-d'œuvre.

Atelier Vision 2035 et définition préliminaire des orientations

Un atelier de vision a été réalisé en avril 2024 rassemblant des chercheurs, des représentants d'entreprises et des représentants d'organismes de développement économique afin de poser les assises pour une vision du secteur à l'horizon de 2035.

Coécriture des objectifs et actions

De mai à juillet, sept groupes de travail se sont réunis pour participer à un exercice de co-écriture, avec pour mission, traduire cette vision en objectifs et actions concrètes.**

EN CHIFFRES:

125+
répondants

au sondage auprès des organisations et des entreprises sur leurs perceptions des tendances technologiques en lien avec les 4 secteurs d'applications ainsi que leur vision à l'horizon 2035.

15+
entretiens

réalisés avec des experts du milieu afin de dresser un portrait du secteur des matériaux avancés au Québec.

40+

participants à
l'atelier collaboratif

pour construire la vision 2035 et définir la base des grandes orientations.

100+

participants

aux groupes de travail sectoriels et thématiques pour identifier des objectifs et actions.

* Voir Annexe A

** Voir Section Ambition 2035



UN MONDE EN TRANSITION

Les matériaux avancés détiennent un rôle clé dans la transition énergétique et représentent des occasions d'affaires importantes. La demande pour ces derniers est en forte croissance, les pays se positionnent et les stratégies se concrétisent.

UN CONTEXTE MONDIAL EN ÉVOLUTION

Le secteur des matériaux avancés est de plus en plus confronté à une montée du protectionnisme commercial. Ces nouvelles barrières entraînent une complexification des échanges internationaux et une augmentation des risques liés à l'approvisionnement en matières premières et composantes essentielles. À titre d'exemple, la Chine exige des licences d'exportation du gallium et du germanium lorsqu'ils sont utilisés dans l'électronique et les fibres optiques. Dans ce contexte, la révision des stratégies autour de la sécurisation des chaînes d'approvisionnement est essentielle ^[2].

De plus, un retrait ou un changement majeur de l'Accord Canada-États-Unis-Mexique (ACCEUM) dont le renouvellement est prévu en 2026 engendre des impacts sur l'économie canadienne. En effet, près des 2/3 des produits canadiens sont destinés aux États-Unis et les chaînes d'approvisionnement sont fortement intégrées ^[2].

Les acteurs de l'écosystème sont donc étroitement liés au contexte géopolitique, qui évolue constamment, rendant indispensable la mise en place de stratégies pour maintenir leur compétitivité.

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE EST BIEN ENCLENCHÉE

Les investissements mondiaux ont atteint 1 800 milliards \$US en 2023 dans les secteurs des véhicules électriques, des énergies renouvelables et des réseaux électriques intelligents ^[12].

Ces derniers stimulent considérablement la recherche et le développement (R-D) ainsi que la demande pour les matériaux avancés, générant de nouvelles occasions commerciales.

La demande mondiale pour le marché des matériaux avancés est évaluée à 68,9 milliards \$US en 2023 et atteindra 147 milliards \$US en 2032. Il s'agit d'un marché en plein essor avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 8,8 % entre 2024 et 2032 ^[1].

DES STRATÉGIES EN DÉVELOPPEMENT

Dans un contexte où la transition est enclenchée, plusieurs pays ont défini leurs stratégies sur des matériaux avancés. Parmi ces derniers on compte l'Union européenne, le Royaume-Uni, la Suède, et l'Irlande, détaillant des stratégies souvent axées sur le soutien à l'innovation, le renforcement des capacités de production et la réduction de la dépendance aux minéraux critiques.

Le Québec possède également tous les atouts pour développer une stratégie qui lui permettra de se positionner à l'échelle mondiale et de faire des matériaux avancés québécois un pilier central de la transition énergétique.

OCCASIONS D'AFFAIRES DANS UN MARCHÉ DYNAMIQUE

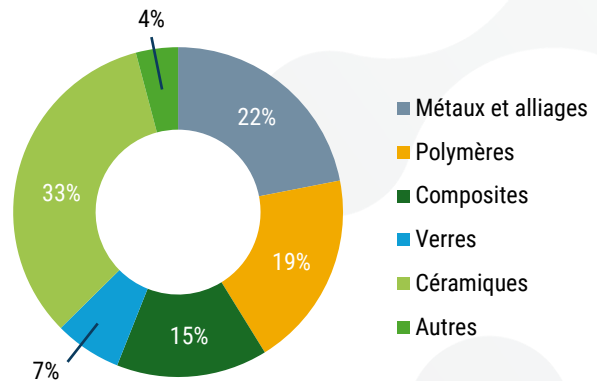
La demande mondiale est appelée à doubler en 10 ans stimulant fortement la croissance du marché des matériaux avancés^[1] et générant plusieurs occasions d'affaires pour le Canada et le Québec.

L'Amérique du Nord représente le marché qui devrait générer la plus grande part des revenus d'ici 2032, se distinguant par de solides capacités en R-D, une infrastructure de fabrication robuste et un accès direct à un vaste marché de consommation. De plus, la demande de matériaux avancés augmentera dans des secteurs tels que l'aérospatiale, l'automobile, l'électronique, la santé et l'énergie, propulsée par l'innovation, les investissements dans les infrastructures et des politiques gouvernementales favorables.^[1]

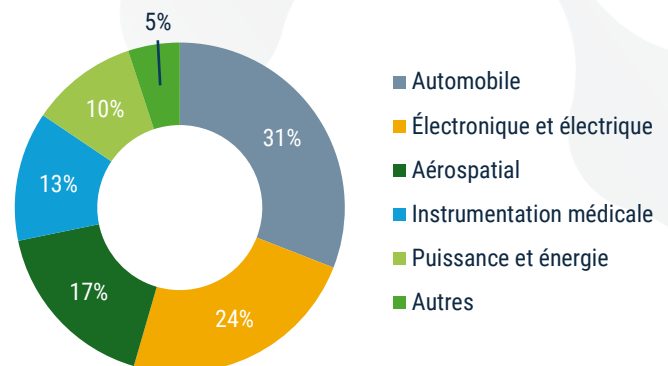
Le Canada se distingue par son attractivité, avec des flux d'investissements directs étrangers supérieurs à la moyenne mondiale de 2015 à 2022^[3]. De plus, des investissements significatifs ont été réalisés dans divers secteurs stratégiques, tels que l'automobile, l'aérospatial et l'énergie, en réponse à la croissance mondiale attendue des revenus d'ici 2032^[1] et à la capacité des entreprises canadiennes de se spécialiser et d'innover dans ces domaines. En termes de nombre de familles de brevets, le Canada occupe la 9^e place mondiale dans le domaine des matériaux avancés.

Quant au Québec, il se classe au 2^e rang canadien pour le nombre de familles de brevets (2 130)^[3]. De plus, grâce à ses centres de recherche de renommée mondiale et à un écosystème d'entreprises dynamiques, le Québec est bien positionné pour capitaliser sur des occasions de croissance pour plusieurs types de matériaux. Parmi ceux-ci, on trouve des matériaux dont la part de revenus devrait continuer à augmenter d'ici 2032, tels que les métaux, les alliages et les composites^[1].

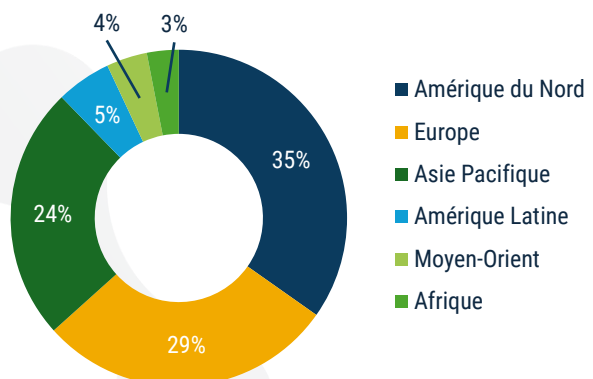
RÉPARTITION DES REVENUS MONDIAUX PAR TYPE DE MATÉRIAUX, 2032^[1]



RÉPARTITION DES REVENUS MONDIAUX PAR SECTEUR D'APPLICATION, 2032^[1]



RÉPARTITION DES REVENUS MONDIAUX PAR GÉOGRAPHIE, 2032^[1]





L'ÉCOSYSTÈME QUÉBÉCOIS DES MATÉRIAUX AVANCÉS

EN UN CLIN D'ŒIL ^[5]

570 entreprises québécoises actives

Un grand nombre d'entreprises se consacrent au développement, à la production ou à l'intégration de matériaux avancés, ainsi qu'au développement ou à la production d'équipements et de procédés associés.

15 milliards \$US en chiffre d'affaires en 2024

Des investissements significatifs sont actuellement en cours. Plus de 70 % des grandes et moyennes entreprises (100-999 employés) ont effectué ou prévoient de réaliser des investissements de plus de 1 million de dollars entre 2021 et 2026.

49 000 emplois

Le nombre d'emplois dans le secteur des matériaux avancés est à la hausse. La majorité des entreprises sondées (65 %) sont en phase de croissance, surtout parmi les petites entreprises (10-99 employés), qui ont enregistré une hausse de 6,6 % depuis 2021.

70 % des revenus attribués aux exportations

Le secteur des matériaux avancés au Québec se distingue par une forte orientation vers l'exportation et une présence significative sur les marchés internationaux. En effet, 70 % des revenus de presque toutes les catégories d'entreprises proviennent des exportations, et plus de 85 % des entreprises comptant plus de 10 employés sont actives sur les marchés étrangers.

99 % de taux de participation à la recherche

Les entreprises du secteur ont une forte orientation vers la R-D: près de 99 % d'entre elles participent à la fois à la recherche interne et à la recherche externe. En moyenne, environ 7 % des emplois dans les grandes et moyennes entreprises sont consacrés à ces activités.

QU'EST-CE QUE LES MATÉRIAUX AVANCÉS ?

Les matériaux avancés regroupent tout nouveau matériau ou matériau significativement amélioré qui permet d'obtenir un avantage marqué du point de vue de la performance (physique ou fonctionnelle), comparativement aux matériaux conventionnels couramment utilisés et auxquels ils se substituent. Ils incluent les composites légers, les nanomatériaux, les alliages haut performance et les polymères spécialisés entre autres. Cette définition est le résultat d'un exercice de documentation réalisé par PRIMA Québec en 2018.

Ces matériaux jouent un rôle clé dans différents secteurs d'application, où leurs propriétés uniques permettent par exemple une meilleure efficacité ou biodégradabilité.

Les matériaux avancés peuvent être distingués selon trois catégories:



MATÉRIAUX DE BASE

Matériaux peu ou pas transformés qui se retrouvent en amont de la chaîne de fabrication (ex. : production de matériaux).



PRODUITS FINIS ET SEMI-FINIS

Produits destinés à un utilisateur intermédiaire ou final (ex. : intégration de matériaux).



PROCÉDÉS ASSOCIÉS ET INSTRUMENTATION

Tout procédé innovant portant sur les matériaux avancés (ex. : nanofabrication, fabrication additive, traitement de surface, mise en forme, etc.).

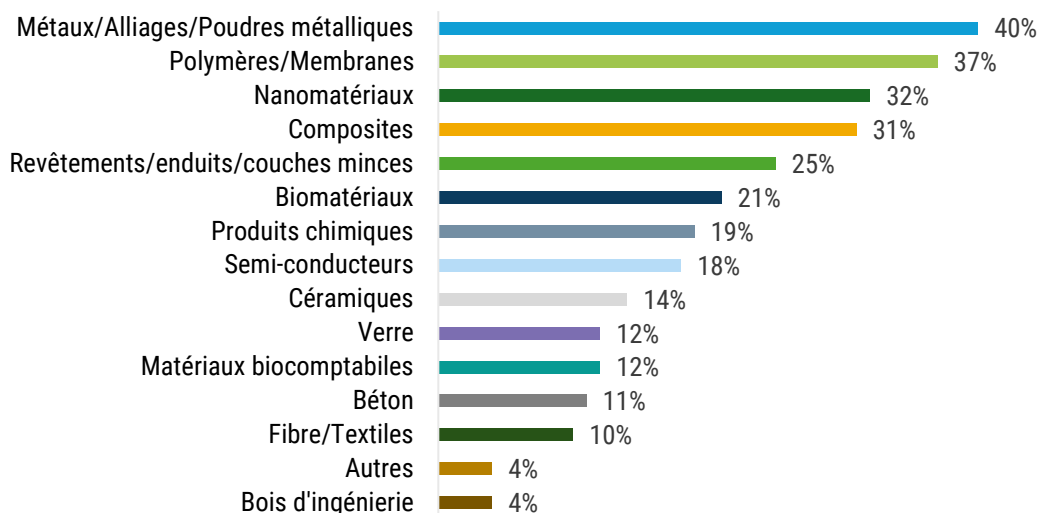


UNE GRANDE DIVERSITÉ DE PRODUITS ET SOLUTIONS

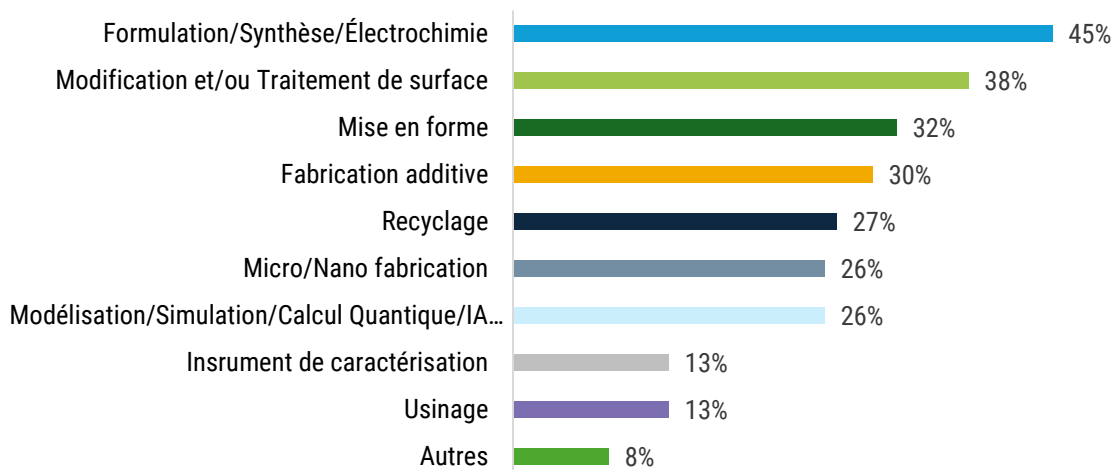
Le secteur des matériaux avancés au Québec se distingue par une offre variée de produits et de services, lui permettant de répondre à une large gamme de besoins industriels et technologiques et de renforcer sa capacité d'adaptation et de croissance dans un marché mondial en transition.

GAMME DE PRODUITS ET DE SERVICES COUVERTS PAR LES ENTREPRISES SONDÉES ^[5]

MATÉRIAUX AVANCÉS



PROCÉDÉS ASSOCIÉS ET INSTRUMENTATION



La grande majorité des entreprises québécoises exercent dans plusieurs domaines d'activité, ce qui témoigne de leur niveau élevé de compétences. En effet, plus de 90 % se classifient comme producteurs, 91 % comme développeurs, et 81 % comme intégrateurs de matériaux avancés.

De plus, une proportion notable d'entreprises intervient dans deux catégories (25 %) et dans les trois catégories (68 %) ^[5], ce qui leur permet de se positionner et de compétitionner efficacement dans divers segments de marché.



UNE FORTE PROPENSION À INNOVER QUI S'APPUIE SUR LA R-D...

La R-D en matériaux avancés au Québec se distingue par une reconnaissance importante à l'international. En outre, la province peut compter sur sa capacité à promouvoir les partenariats internationaux et à encourager la collaboration entre les secteurs privé et public. La province compte plusieurs organisations qui réalisent des activités de recherche sur divers sujets et publient leurs résultats dans des revues scientifiques. Le Québec occupe la 2^e place au niveau national pour le nombre de publications, représentant environ 25 % du total canadien ^[3].

La recherche au Québec se concentre principalement sur les nano/métamatériaux comme le graphène, les nanoparticules, les nanotubes et les plasmons, ainsi que sur les batteries électriques, les composites tels que les polymères et le béton et les photocatalyseurs et cellules solaires ^[3].

Cela permet au Québec d'aborder le défi de la transition énergétique et de la décarbonation en mettant l'accent sur la commercialisation de ses innovations.

PRINCIPAUX THÈMES DE RECHERCHE SUR LES MATÉRIAUX AVANCÉS AU QUÉBEC ^[3]

Thèmes de recherche (par volume de publications)	Volume de publications (%)		
	QC	CAN	Monde
Graphène, Nanotubes de carbones, Nanotubes	4.30	4.00	5.30
Batteries secondaires, Batteries électriques, Alliages de lithium	3.40	3.50	4.30
Polypropylènes, Acide lactique, Mélange	2.60	1.70	1.20
Béton armé, Bétons, Acier	2.40	2.00	0.80
Photocatalyse, Photocatalyseurs, Cellules solaires	2.00	2.20	4.90
Laser à fibres, Fibres, Fibres optiques	1.90	1.10	1.10
Matériaux composites, Stratifiés, Plastiques renforcés de fibres	1.90	1.10	0.80
Optique quantique, Ordinateurs quantiques, Théorie quantique	1.90	3.20	1.40
Diodes électroluminescentes organiques, Cellules solaires, Polymères conjugués	1.70	1.50	1.70



L'ÉCOSYSTÈME QUÉBÉCOIS DES MATÉRIAUX AVANCÉS (SUITE)

...ET L'INVENTIVITÉ

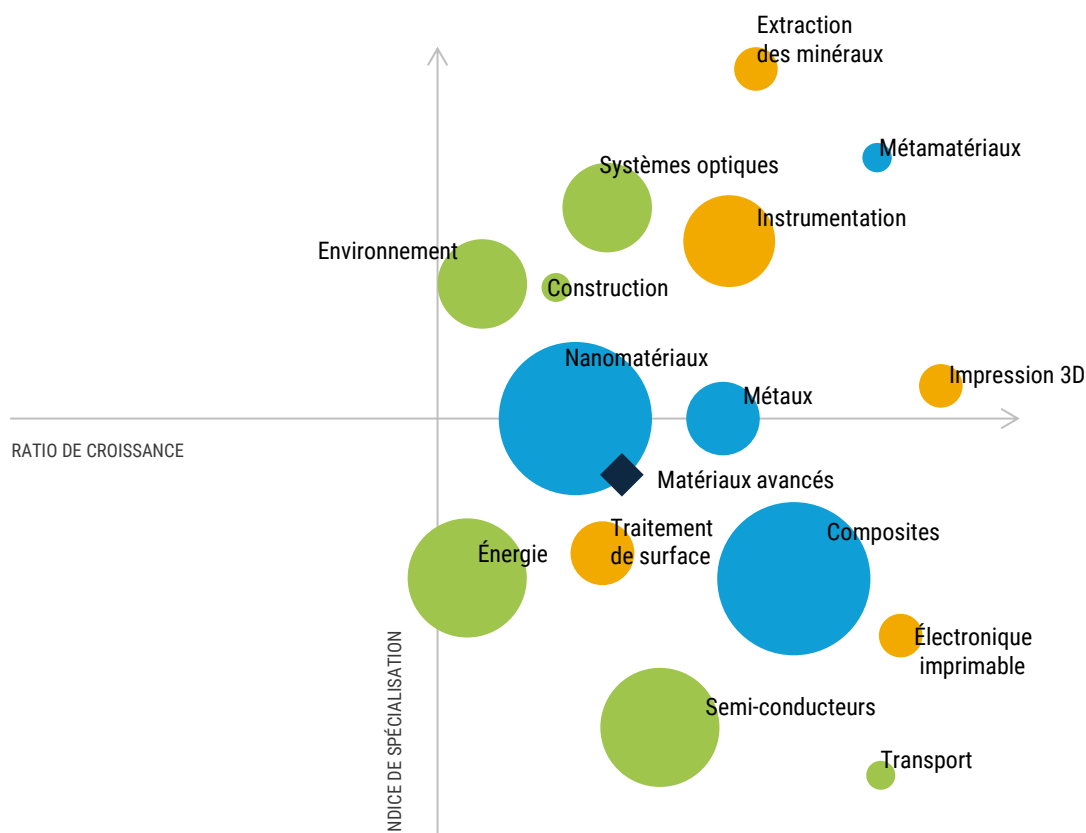
Le Québec se démarque par une importante capacité à inventer avec un ratio de croissance élevé.

Cette dynamique pousse les entreprises du secteur à se doter de différentes stratégies autour de la propriété intellectuelle (PI). En effet, le secret industriel et le dépôt de brevets sont utilisés par plus de 75% des acteurs [5].

Le Québec est particulièrement fort dans les sous-domaines des nanomatériaux, semi-conducteurs, composites et métaux où il détient un grand nombre de brevets.

Ces atouts permettent au Québec de se positionner avantageusement pour la commercialisation de ses inventions dans divers secteurs d'application en lien avec la transition énergétique.

CROISSANCE EN FONCTION DE LA SPÉCIALISATION DANS L'INVENTIVITÉ
DANS CHAQUE SOUS-DOMAINES AU QUÉBEC (2003-2020) [3]



Comment lire cette figure

Les sous-domaines présentés dans le quadrant supérieur droit sont ceux où le Québec se spécialise (indice de spécialisation (IS) >1) et montre une tendance positive (ratio de croissance >1). Quant aux sous-domaines figurant dans le quadrant inférieur droit, ils sont ceux où l'entité n'est pas spécialisée (indice de spécialisation (IS) =1). La taille des bulles représente le nombre de familles de brevets.

Légende

- Types de matériaux
- Domaines d'applications
- Procédés



AMBITION 2035

La Feuille de route a pour ambition de contribuer à répondre à certains grands défis sociétaux (la transition énergétique, la transition numérique, la sécurisation des chaînes d'approvisionnement stratégiques) en déployant des actions concrètes et en lien avec la vision 2035.

“ D’ici 2035, le Québec aura su développer et commercialiser, en accéléré, une nouvelle génération de matériaux avancés et de procédés durables et compétitifs grâce à un écosystème engagé et collaboratif. ”

LES ORIENTATIONS

1

Augmenter la circularité des matériaux avancés au sein des chaînes d'approvisionnement

4

Encourager la croissance des petites et moyennes entreprises

2

Devenir un chef de file en recherche

5

Développer une relève et une main-d'œuvre compétentes

3

Intensifier l'émergence des jeunes entreprises

6

Assurer plus de capital patient aux entreprises

7

Moderniser les marchés publics et les cadres réglementaires



ORIENTATION 1

AUGMENTER LA CIRCULARITÉ DES MATÉRIAUX AVANCÉS AU SEIN DES CHÂÎNES D'APPROVISIONNEMENT

1

L'optimisation de la production et de l'utilisation des ressources est essentielle, compte tenu de la demande croissante de matériaux avancés exigées par les transitions énergétique et numérique, ainsi des stocks de produits finaux qui ne cessent de s'accumuler et qui sont autant de ressources à exploiter plutôt que des déchets industriels ou domestiques. Cette orientation vise donc à réduire considérablement la quantité de matériaux utilisés^[8] tout en renforçant la résilience et la circularité des chaînes d'approvisionnement, grâce à des matériaux améliorés et recyclés, une conception optimisée et des procédés de fabrication efficaces.

OBJECTIF 1.1

Favoriser l'écoconception dans le développement de nouveaux matériaux avancés et procédés.

- Intégrer, dès 2025, la notion d'économie circulaire comme critère d'évaluation dans le cadre des appels à projets lancés par PRIMA Québec. – *Porteur : PRIMA Québec.*
- Intégrer la notion d'analyse du cycle de vie comme critère d'évaluation pour les projets visant spécifiquement le développement de matériaux avancés et de procédés qui seront soutenus par PRIMA Québec. – *Porteur : PRIMA Québec.*

OBJECTIF 1.2

Déployer des solutions de traçabilité et de transparence environnementale dans les chaînes d'approvisionnement.

- Sensibiliser les entreprises de l'écosystème au programme Écoleader pour le financement de diagnostics environnementaux, plans d'action et démarches d'accompagnement écoresponsables. – *Porteur : Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD).*
- Encourager les entreprises à évaluer le degré de circularité de leurs matériaux. – *Porteur : Centre de Transfert Technologique en Écologie Industrielle (CTTÉI).*
- Mettre en œuvre un projet pilote sur la traçabilité et regroupant de nombreux acteurs de la filière batterie. – *Porteur : Propulsion Québec.*
- Réaliser une cartographie des flux de matières entrantes et sortantes dans les filières du Québec, et identifier les synergies possibles.



AUGMENTER LA CIRCULARITÉ DES MATÉRIAUX AVANCÉS AU SEIN DES CHAÎNES D'APPROVISIONNEMENT

1

OBJECTIF 1.3

Accroître le recyclage et la réutilisation des matériaux avancés en lien avec les 4 secteurs d'application.



Lancer le Défi Innovation Circulaire, une initiative destinée à soutenir des entreprises qui développeront et mettront en œuvre des solutions innovantes et concrètes dans les filières des éoliennes et de la batteries électriques. Ce défi encouragera les démarches d'écoconception ainsi que le réemploi et le recyclage des matériaux au sein de ces filières.
– *Porteurs : RECYC-QUÉBEC et Cycle Momentum.*



Lancer un Laboratoire d'accélération en économie circulaire sur les matériaux avancés. – *Porteur : CERIEC.*



CIRCULARITÉ

Une plateforme numérique au service de la réutilisation des produits composites

La plateforme Pyrofibre

Fort de son expertise dans le domaine des composites, le CDQC a fait développer une plateforme numérique d'échange de ressources dans le but de réutiliser, recycler ou valoriser les produits en composites. Le CDQC partage une ressource avec le RICQ pour aller chercher l'information sur les gisements.

Plus le nombre d'inscriptions sur la plateforme PyroFibre augmentera, plus les opportunités de localiser des gisements se multiplieront. Cette dynamique permettra d'offrir un soutien accru aux entreprises et aux startups, en les aidant à élaborer des plans d'affaires solides pour la création de centres de pyrolyse et de valorisation.



ORIENTATION 2

DEVENIR UN CHEF DE FILE EN RECHERCHE

2

L'écosystème québécois en matériaux avancés est riche de pouvoir s'appuyer sur de nombreux centres de recherche de classe mondiale et des experts de renom. Cette orientation vise à transformer cet avantage concurrentiel en levier de croissance afin de saisir les occasions offertes par les dernières avancées technologiques et la demande croissante de matériaux durables. En adoptant les meilleures pratiques de recherche et de collaboration et en plaçant la durabilité au cœur des projets, le Québec se positionne pour devenir un leader mondial dans ce domaine en pleine expansion.

OBJECTIF 2.1

Accélérer le développement de nouveaux matériaux et procédés durables grâce à l'utilisation de technologies numériques telles que l'intelligence artificielle et les technologies quantiques.

- Augmenter et/ou maintenir les budgets alloués aux programmes qui soutiennent l'investissement des entreprises dans les nouvelles technologies, telles que l'intelligence artificielle et les technologies quantiques.
- Soutenir le développement de nouveaux matériaux avec des propriétés et fonctionnalités innovantes en s'appuyant sur des outils tels que le programme Partenar-IA, Scale-AI, la collaboration avec des organisations comme IVADO, et des programmes tels que Technologies Quantiques ou PSO. – *Porteur : PRIMA Québec.*

OBJECTIF 2.2

Profiter des occasions créées par les accords internationaux pour promouvoir la recherche collaborative.

- Sensibiliser et soutenir les entreprises à répondre aux appels à projets et s'impliquer activement dans les consortiums issus d'accords internationaux tels que ERA.NET et Horizon Europe. – *Porteur : PRIMA Québec.*



R-D COLLABORATIVE

Revaloriser des sous-produits de graphite en matériaux actifs d'anode de batterie

Le graphite est utilisé pour la fabrication de matériaux actifs pour anode de batterie Li-ion. Certaines étapes de fabrication génèrent des sous-produits représentant environ 50% du graphite initial augmentant ainsi le coût de production, de transport et l'impact environnemental.

Le projet permettra de convertir les particules plus fines du graphite en matériaux actifs grâce au procédé développé par NanoXplore. Cela s'inscrit dans son objectif d'établir son usine de production d'anodes au Québec de 16 tonnes d'ici 2026.



DEVENIR UN CHEF DE FILE EN RECHERCHE



R-D COLLABORATIVE

Moteurs haute puissance fabriqués par projection à froid pour l'aéronautique

L'industrie de l'aviation doit s'électrifier afin de réduire son empreinte carbone. Ce projet vise à la fabrication de moteurs à haute densité de puissance pour l'aéronautique en repoussant les limites du procédé de projection à froid (« cold spray ») pour rotors de machines électriques. Le projet permettra de renforcer l'expertise québécoise en fabrication additive par projection à froid.

Pour Polycontrols (PME québécoise œuvrant dans le domaine de la projection à froid), les nouvelles connaissances acquises lui permettront de se tailler une place dans le marché croissant de l'électrification des transports. Pour Safran, les bénéfices se concrétiseront en termes commercialisation de nouveaux produits (moteurs pour l'aéronautique).

Enfin, pour Altair, c'est une occasion de généraliser et d'améliorer les capacités de ses outils logiciels de conception de moteurs électriques avec la rétroaction directe d'une équipe multidisciplinaire.

OBJECTIF 2.3

Profiter des occasions de recherche et développement offertes par les investissements massifs dans les filières énergétiques, électroniques et de véhicules et batteries électriques en Amérique du Nord.

- Travailler étroitement avec les zones d'innovation pour soutenir des projets d'innovation collaborative en lien avec les matériaux avancés et procédés.
– Porteur : PRIMA Québec.
- Approcher les grandes entreprises présentes au Québec dans les filières stratégiques afin de définir leurs besoins spécifiques et réaliser des appels à projet ou concours dédiés.

OBJECTIF 2.4

Valoriser les résultats de la recherche publique sur les matériaux avancés et procédés.

- Identifier et promouvoir les brevets liés aux matériaux avancés et procédés associés développés par les organisations de recherche publique/parapublique québécoise et canadienne.
– Porteurs : Axelys et ExplorerPI.

OBJECTIF 2.5

Contribuer à l'augmentation des investissements privés en recherche.

- Maintenir et accroître les appels à projets de recherche collaborative basées sur les besoins de entreprises privés via les regroupements sectoriels de recherche industrielle du Québec (RSRI).
- Sensibiliser les entreprises aux cas d'usages et aux modèles d'affaires efficaces qui ont généré des retombées commerciales grâce aux investissements privés en recherche.

OBJECTIF 2.6

Encourager les développeurs de matériaux avancés à se placer à l'avant-garde des normes.

- Inviter entreprises et organisations en matériaux avancés et procédés associés à s'impliquer dans les comités de normes du Bureau de normalisation du Québec (BNQ) et du Groupe CSA pour orienter leurs recherches en lien avec les normes qui se développent.



R-D COLLABORATIVE



Révolutionner l'Industrie du Ciment avec un Processus Électrifié et Sans Émission de CO₂

Développer un procédé de production d'un ciment Portland à zéro émission CO₂ grâce à la technologie micro-ondes de Pyrowave et l'expertise de l'Université de Sherbrooke.

Le projet vise l'électrification du procédé à l'échelle industrielle, ce qui permet de remplacer les énergies fossiles par l'électricité renouvelable et de produire un rejet gazeux de CO₂ pur prêt pour la séquestration.

Mieux encore, ce ciment micro-ondes sera un ciment Portland respectant les normes canadiennes, il pourra être adopté rapidement par l'industrie !

Ce projet a déjà capté l'attention de l'industrie et il a été sélectionné par l'accélérateur Holcim Maqer Ventures pour accélérer sa commercialisation.



ORIENTATION 3

INTENSIFIER L'ÉMERGENCE DES JEUNES ENTREPRISES

3

L'émergence de jeunes entreprises (startups) dans le domaine des matériaux avancés est essentiel pour encourager l'innovation et la croissance économique au Québec. Des mesures seront donc mises en place, en complémentarité à celles déjà employées par les incubateurs et accélérateurs, pour les aider à surmonter divers défis, tels que l'accès au capital, la commercialisation et la gestion des ressources humaines, afin de les accompagner depuis leur création jusqu'à leur intégration dans les chaînes d'approvisionnement.

OBJECTIF 3.1

Soutenir et accélérer le développement des jeunes entreprises innovantes.

- Appuyer le Consortium en technologies propres du Québec dont l'objectif est double :
 - accroître le pipeline de startups dans les secteurs clés des technologies climatiques (notamment en matériaux avancés) à partir de la recherche académique et industrielle
 - accélérer la commercialisation des startups en technologies propres aux stades d'incubation et d'accélération
 - Porteurs : 2 Degrés, Cycle Momentum et IVÉO.
- Accompagner les jeunes entreprises dans leur démarche auprès d'Impulsion PME d'Investissement Québec.
 - Porteur : PRIMA Québec

OBJECTIF 3.2

Diffuser les appels à solutions stimulant l'innovation pour obtenir des premiers acheteurs.

- Encourager le recours aux programmes tels que PRIMO-Adoptant du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE) qui fournissent un appui aux entreprises technologiques à fort potentiel de croissance
- Diffuser les appels à solutions tels que les défis de Solutions Innovatrices Canada et d'IDEAS du gouvernement fédéral.



ORIENTATION 4

ENCOURAGER LA CROISSANCE DES PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES

4

Favoriser la croissance des petites et moyennes entreprises (PME) dans le secteur des matériaux est crucial pour stimuler l'innovation, diversifier l'économie et promouvoir le développement local d'emplois de qualité. Plusieurs moyens serviront à mieux soutenir les petites et moyennes entreprises (PME) dans leur insertion dans les chaînes d'approvisionnement, notamment en facilitant l'accès au financement, sensibilisant quant aux opportunités internationales d'expansion et des réglementations en vigueur, et en mettant l'accent la mise à niveau des infrastructures numériques ou encore technologiques.

OBJECTIF 4.1

Encourager les producteurs de matériaux avancés et procédés associés à utiliser les services d'accompagnement-conseils personnalisés existants.

- Soutenir et organiser des activités de promotion des services d'accompagnement tels qu'Investissement Québec, Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) – Service de croissance accéléré, Banque de Développement du Canada et PRIMA Québec.

OBJECTIF 4.2

Sensibiliser les PME aux réglementations en lien avec la décarbonation sur les marchés étrangers (ex.: passeports numériques de produits, mécanismes d'ajustement carbone aux frontières).

- Proposer et développer une section intitulée "Matériaux avancés circulaires" au site Québec Circulaire.
– Porteur : CERIEC

ENCOURAGER LA CROISSANCE DES PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES

4

OBJECTIF 4.3

Encourager le recours à l'intelligence artificielle pour accélérer les processus de fabrication.

- Sensibiliser les entreprises en matériaux avancés au financement de projets offerts par l'Offensive de Transformation Numérique (OTN), Investissement Québec et celui prochainement offert par DEC sur l'adoption et la commercialisation de l'intelligence artificielle (IA).

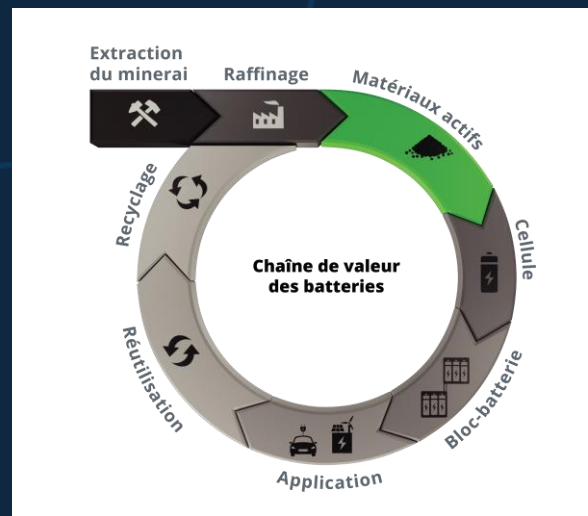
OBJECTIF 4.4

Aider les PME à s'insérer dans les chaînes d'approvisionnement.

- Mieux identifier les matériaux avancés et procédés associés essentiels au développement des zones d'innovation.
 - Porteur : *Projet d'étude, en cours de montage par Propulsion Québec, sur les matériaux avancés nécessaires aux batteries de type LFP.*
- Mettre en place un processus de référencement simplifié et accéléré pour aider à l'exportation ou au financement.
 - Porteurs : *Investissement Québec et collaborateurs.*
- Identifier des firmes dynamiques et les inviter à travailler avec une cohorte de firmes en matériaux avancés et procédés associés pour les insérer dans chaînes d'approvisionnement.



PARTENARIATS & CHÂÎNES D'APPROVISIONNEMENT



Établir sa place dans l'industrie des batteries grâce à des alliances stratégiques

Dans le secteur des batteries et de l'automobile, dominé par des géants industriels, faire sa place peut être un défi pour une startup. Nano One a compris tôt que pour survivre il faut s'associer à de grands joueurs pour établir sa crédibilité.

Les matériaux actifs de cathodes sont à mi-chemin entre la mine et la batterie. Des multinationales telles que Rio Tinto, Sumitomo Metal Mining, Umicore et BASF, ont reconnu que le procédé développé par Nano One, plus compétitif et environnemental, répondait à plusieurs enjeux reliés à la sécurité de la chaîne d'approvisionnement et ont développé des partenariats stratégiques avec notre entreprise.

Plus récemment, nous avons complété une alliance avec la firme d'ingénierie mondiale Worley pour mettre en marché et déployer notre technologie globalement.



ORIENTATION 5

DÉVELOPPER UNE RELÈVE ET MAIN-D'ŒUVRE COMPÉTENTES

5

Le manque de personnel qualifié et le développement des compétences représentent des enjeux majeurs dans les secteurs à haute intensité technologique ^[10]. En renforçant la formation de la relève en science fondamentale et en alignant les cursus académiques avec les exigences de l'industrie, cette orientation vise à préparer une nouvelle génération de professionnels hautement qualifiés, capables de soutenir l'innovation et la croissance dans le secteur des matériaux avancés.

OBJECTIF 5.1

Promouvoir les occasions de carrière dans les domaines des matériaux avancés et des procédés auprès des jeunes.



Déployer le projet Création d'Étincelles.
– Porteur : PRIMA Québec et Réseau TechnoSciences.



Organiser des camps d'été pour promouvoir le secteur des matériaux avancés auprès des jeunes.
– Porteur : Réseau de la Transformation Métallique du Québec (RTMQ).



MAIN-D'ŒUVRE

Former les ingénieurs de demain: les compétences-clés en science des matériaux

Face à l'évolution rapide des compétences en matériaux, les universités québécoises évaluent les besoins en formation. À l'Université de Sherbrooke, le comité de développement d'une offre de formation en sciences et génie des matériaux piloté par le professeur Nadi Braidy identifie les compétences clés pour les ingénieurs et scientifiques.

Au total, 5 compétences clés ont été identifiées :

1. Identifier et résoudre des problématiques appliquées en lien avec les matériaux, leur microstructure, et leurs propriétés, à partir d'outils de mesure adaptés.
2. Maîtriser les propriétés de matériaux divers pour en optimiser la sélection et l'intégration pour un système avec une fonction donnée et des conditions d'usage potentiellement extrêmes.
3. Pouvoir optimiser les coûts de production et le rendement de matériaux variés selon les applications visées.
4. Concevoir des matériaux, des outils et dispositifs durables ayant des propriétés de remplacement et de réparation les plus efficaces (coûts, complexité, répétabilité, etc.).
5. Exercer un leadership dans une équipe multidisciplinaire, notamment par ses connaissances sur les impacts sociaux et environnementaux associés au cycle de vie des matériaux.



ORIENTATION 5 (suite)

DÉVELOPPER UNE RELÈVE ET MAIN-D'ŒUVRE COMPÉTENTES

5



MAIN-D'ŒUVRE



Démystifier la physique quantique

Curieux quantiques est une initiative de vulgarisation scientifique dédiée à la promotion et à la diffusion des connaissances en physique quantique au grand public, aux élèves et au personnel enseignant du secondaire et du cégep ainsi qu'aux entreprises intéressées à développer leur compréhension du sujet.

Les activités des Curieux quantiques se sont développées au cours des années : infolettre trimestrielle, conférences, vidéos animés, ateliers en classe et participation à des événements de vulgarisation à grande échelle. Du matériel pédagogique adapté pour le personnel enseignant, tel que des fiches explicatives et des modules d'apprentissage interactifs sont aussi rendus disponibles.

Depuis sa création en 2020, c'est plus de 15 000 personnes rejointes lors de plus de 180 activités auxquelles l'équipe de Curieux quantique a organisé ou participé. Le projet joue un rôle clef pour la sensibilisation du grand public en démystifiant la physique quantique, en suscitant l'intérêt des jeunes pour les sciences quantiques et en encourageant les vocations scientifiques.

OBJECTIF 5.2

Contribuer à rapprocher l'offre de formation des besoins industriels du secteur.



Réaliser un sondage auprès des entreprises du secteur des matériaux avancés et procédés associés sur les besoins en termes de compétences recherchées des diplômés. Les résultats du sondage seront partagés à l'ensemble des universités et collèges au Québec.
– Porteur : PRIMA Québec.



Réaliser une cartographie des compétences clés et besoins en formation pour soutenir le secteur des matériaux avancés.

OBJECTIF 5.3

Encourager les entreprises à utiliser les programmes visant à renforcer les compétences techniques, la numératie et la littératie des travailleurs.



Sensibiliser l'écosystème aux programmes tels que ceux offerts par les Comités sectoriels de main-d'œuvre (Commission des partenaires du marché du travail - besoins identifiés par secteurs) et par la Fédération des Chambres de Commerce du Québec/Chambre de Commerce du Montréal métropolitain et au programme de l'ISDE (IPCI : Initiative de Perfectionnement dans l'Industrie - besoins identifiés par les entreprises).



ORIENTATION 6

DONNER AUX ENTREPRISES ACCÈS À PLUS DE CAPITAL PATIENT

6

La nature spécifique et innovante du secteur des matériaux avancés nécessite des investissements à plus long terme, souvent avec des périodes de maturation prolongées avant de générer des rendements substantiels. Le secteur se distingue par des cycles de maturité technologique longs (10 à 20 ans) ^[11] et coûteux, ainsi que par un passage à l'échelle nécessitant des investissements importants en infrastructure et optimisation des procédés.

Pour répondre à ces enjeux, il devient pertinent de réimaginer les outils financiers disponibles, ainsi qu'à développer des mécanismes pour rassembler tous les acteurs de la chaîne de financement (investisseurs, institutions financières, agences gouvernementales, etc.) pour soutenir les entreprises à fort potentiel.

OBJECTIF 6.1

Créer une cellule réunissant des acteurs de la chaîne de financement pour soutenir des entreprises à fort potentiel.

- Préparer et présenter des jeunes entreprises à fort potentiel de croissance aux acteurs de la chaîne de financement, en tenant compte de leurs critères spécifiques d'investissement.
– *Porteurs : PRIMA Québec et les acteurs de la chaîne de financement.*

OBJECTIF 6.2

Développer et offrir un outil financier adapté aux spécificités des matériaux avancés.

- Préparer un dossier d'affaires justifiant la pertinence d'un tel outil.
– *Porteurs : PRIMA Québec et les acteurs de la chaîne de financement.*



CIRCULARITÉ

WattbyWatt: Vers des panneaux solaires plus efficaces et abordables

WattbyWatt est le fruit de deux décennies de recherche en pérovskite, réunissant scientifiques, ingénieurs et commerciaux pour offrir des solutions énergétiques respectueuses de l'environnement. Ils ont développé une encre révolutionnaire qui prolonge la durée de vie des panneaux solaires en silicium, augmentant leur rendement d'au moins 25 %.

Cette innovation améliore l'efficacité énergétique et réduit les coûts, rendant l'énergie solaire plus durable. Composés de matériaux majoritairement recyclables, les panneaux pérovskites sont durables et compatibles avec les futures réglementations favorisant la circularité et réduisant les impacts environnementaux.



MODERNISER LES MARCHÉS PUBLICS ET CADRES RÉGLEMENTAIRES

7

La modernisation des marchés publics et des cadres réglementaires représenteraient une dimension importante, offrant notamment le potentiel de favoriser l'innovation et la concurrence, d'accélérer la transition vers des procédés plus durables, et de faciliter la commercialisation de nouveaux matériaux.

Ayant eu l'occasion de mieux comprendre les préoccupations des acteurs de l'écosystème, cette orientation est présentée sous forme de **trois recommandations** :

RECOMMANDATION 7.1

Moderniser les cadres réglementaires, notamment au niveau du cycle de vie et du recyclage des matériaux avancés

Pour faciliter et accélérer les transitions énergétique et numérique, tout en encourageant le développement de matériaux écoresponsables et la circularité, il serait crucial que les cadres réglementaires prennent en compte l'ensemble du cycle de vie des matériaux.

Cela inclut l'évaluation des impacts environnementaux dès la phase de conception, ainsi que les critères de recyclabilité et de gestion des déchets en fin de vie. En intégrant ces considérations dans les réglementations, on s'assurerait que les matériaux avancés respectent les objectifs de durabilité tout en facilitant leur intégration dans des boucles de recyclage et de réutilisation. Une telle approche permettrait de promouvoir des pratiques qui réduisent l'empreinte écologique et qui s'inscrivent dans une économie circulaire.

RECOMMANDATION 7.2

Réviser les critères des marchés publics en mettant l'accent sur les performances fonctionnelles et environnementales attendues par les matériaux et produits

Les marchés publics jouent un rôle clé dans la demande pour les matériaux avancés. En révisant les critères d'évaluation des offres pour se concentrer davantage sur la performance fonctionnelle et environnementale, on pourrait orienter les achats publics vers des solutions plus durables et innovantes.

Les nouveaux critères pourraient inclure des exigences spécifiques telles que l'efficacité énergétique, la réduction des émissions, la durabilité des matériaux ainsi que d'autres facteurs ESG (Environnementaux, sociaux et de gouvernance). Cette révision des critères favoriserait l'intégration de matériaux avancés qui offrent non seulement des performances accrues mais aussi des avantages environnementaux, stimulant ainsi la demande pour ces technologies au sein des secteurs public et privé.

RECOMMANDATION 7.3

Simplifier et accélérer les processus d'homologation et de certification des matériaux avancés et des procédés associés afin de stimuler leur adoption et commercialisation

Pour encourager la commercialisation des matériaux avancés, il est nécessaire de simplifier et d'accélérer les processus d'homologation et de certification. Les procédures actuelles ralentissent la mise sur le marché et augmentent les coûts. Une alternative intéressante serait d'homologuer en simultané lors du développement et du prototypage, comme cela se pratique déjà par le C2MI pour les composantes électriques. Cette approche permettrait de réduire les délais et les coûts associés, facilitant ainsi l'accès des matériaux avancés au marché et stimulant leur adoption. Les bacs à sable hors-réglementation sont aussi une autre avenue pour encourager l'innovation et mettre à jour les cadres réglementaires. Le Centre d'excellence sur les drones à Alma est un bon exemple ^[4].

La modernisation des marchés publics et des cadres réglementaires est une étape déterminante pour intégrer efficacement les matériaux avancés durables dans l'économie québécoise et la décarboner. En révisant les normes réglementaires, en adaptant les critères des marchés publics et en optimisant les processus d'homologation, le Québec pourra non seulement soutenir l'innovation et la durabilité mais aussi renforcer sa position en tant que pionnier dans le domaine des matériaux avancés. Ces mesures créeront un environnement propice à l'émergence de nouvelles technologies et favoriseront une transition réussie vers des pratiques plus écologiques et responsables.



PARTENARIATS & CHÂÎNES D'APPROVISIONNEMENT



Vers une chaîne d'approvisionnement canadienne pour un ordinateur quantique

Anyon Systèmes travaille depuis 2014 à la construction et à la livraison d'ordinateurs quantiques avec une utilité commerciale. Très tôt, l'équipe a décidé de produire des ordinateurs quantiques intégrés verticalement, en s'assurant qu'ils fabriqueraient eux-mêmes les puces, les systèmes de cryogénie et l'électroniques de contrôle.

Cette approche réduit les risques associés à la chaîne d'approvisionnement et offre un contrôle sur la mise à l'échelle. Un réseau de partenaires locaux a permis à l'entreprise de produire le tout premier ordinateur quantique universel entièrement canadien.

Ses partenaires les plus importants – les clients – font partie du cycle d'amélioration continue d'Anyon pour être en mesure de faire évoluer avec succès sa technologie et de développer ses activités.



MOT DE LA FIN

La Feuille de Route pour les matériaux avancés et les procédés associés au Québec à l'horizon 2035 représente un jalon important dans l'ambition de positionner les matériaux avancés comme un pilier de la décarbonation du Québec.

Elle évolue au fur et à mesure des progrès réalisés, de l'évolution des facteurs externes et de l'ajout de nouvelles actions venant de l'écosystème.

L'investissement dans la recherche et le développement, le renforcement des partenariats stratégiques entre les institutions de recherche, les entreprises et le gouvernement sont essentiels pour transformer cette vision en réalité.

Ce parcours vers 2035 est pavé d'occasions d'affaires et de recherche. La résilience, la créativité et l'engagement des communautés scientifiques et industrielles seront les moteurs de cette transformation, et ce, en collaboration avec les gouvernements. La nécessité de repousser les limites de la science des matériaux, d'optimiser les procédés et d'intégrer les principes de l'économie circulaire, ainsi que de l'analyse de cycle de vie, dans toutes les initiatives est impérative.

Une reconnaissance chaleureuse est exprimée à tous les collaborateurs, partenaires et intervenants pour leur engagement. C'est par cette collaboration étroite et continue qu'un avenir prospère et durable pour le Québec et ses générations futures sera construit.



**LE MOUVEMENT EST ENCLENCHÉ.
EN AVANT, VERS 2035 !**



REMERCIEMENTS DES PARTICIPANTS À LA DÉMARCHE

Cette feuille de route a été élaborée grâce aux précieuses contributions des participants aux entretiens, à l'atelier de vision 2035 et aux groupes de travail. Il convient également de remercier les répondants au sondage de la première phase, qui ne sont pas nécessairement mentionnés ci-dessous.

Abid, Liza, Étudiante au doctorat, Université Laval

Albatal, Fadi, COO et associé, Innovobot

Babin, Philippe, Président-directeur général, Aeponyx

Bassila, Christian, Président, Anyon

Beaudoin, Serge, Directeur, Université de Sherbrooke

Belisle, Gary, Chef de l'exploitation, Carbicrete

Benmokrane, Brahim, Professeur titulaire, Université de Sherbrooke

Bergeron-Vachon, Amélie, Directrice principale – Partenariats et réseautage, Écotech Québec

Berrouard, Nicholas, Directeur général adjoint et directeur des opérations, CNETE (Centre National en Électrochimie et en Technologies Environnementales)

Berthiaume, David, Directeur général, Kemitek

Nohair, Bendaoud, Chargé de projets, CDCQ (Centre de Développement des Composites du Québec)

Bérubé, Catherine, Associée, Cycle Capital

Boisvert, Daniel, Directeur du développement commercial, C-Mac Microcircuits ULC

Bonenfant, Stéphane, Directeur principal des logiciels, LeddarTech

Bourbonnais, Normand, Président-directeur général, Technum Québec

Braidy, Nadi, Professeur titulaire, ing., Ph. D., Université de Sherbrooke

Brassard, Martin, Directeur R-D, Nouveau Monde Graphite

Bureau, Martin, Vice-président Innovation et Directeur du centre d'excellence sur les PFAS, ALTRA Sanexen

Bussièrès, Virginie, Vice-présidente - Relations externes et partenariats, Polystyvert

Carabin, Pierre, Chef de la technologie et Stratégiste en chef, PyroGenèse Canada Inc./PyroGenesis Canada Inc.

Carrier, Renaud, Directeur de l'ingénierie, Demers manufacturiers

Chaker, Mohamed, Professeur titulaire, INRS-EMT (Institut national de la recherche scientifique - Énergie Matériaux Télécommunications)

Champagne-Gélinas, Alex, Directeur du développement stratégique, InnovÉE

Chénier, Richard, Directeur général, Québec Tech

Chevalier, Frédéric, Directeur général, RTMQ (Réseau de la Transformation Métallique du Québec)

Chrétien, Simon, Directeur général, Alliance Polymères Québec

Cloutier, Caroline, Directrice R-D, CNRC (Conseil National de Recherches Canada)

Côté, Guillaume, Président-directeur général, CRIAQ (Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec)

Coulombe, Sylvain, Professeur, Université McGill

Dakin, Sébastien, Directeur Mobilisation des parties prenantes, NanoOne

Daoud, Alexandra, Vice-présidente - Propriété intellectuelle et affaires réglementaires, Anyon

De Sousa, Isabel, Ingénier principale en développement de matériel, IBM (International Business Machines)

Delisle, Jean-Philippe, Analyste investissements, AXELYS

Desaulniers, Eric, Fondateur, président et chef de la direction, Nouveau Monde Graphite

Desgagniers, Anne, Responsable écosystème, TDDC (Technologies du Développement Durable Canada)

Després, Mélissa, Directrice R-D, matériaux et procédés, CNRC (Conseil National de Recherches Canada)

Desrosiers, Quentin Abraham, Directeur général, Plasticompétences

Déziel, Nancy, Directrice générale, CNETE (Centre National en Électrochimie et en Technologies Environnementales)

Diez, Carl, Vice-président R-D, Soleno

Doucet, Jocelyn, Co-fondateur et chef de la direction, Pyrowave

Dubé, Martine, Professeure, ÉTS (École de Technologie Supérieure)

Dubus, Sébastien, Directeur général, Institut des Matériaux Durables



REMERCIEMENTS DES PARTICIPANTS À LA DÉMARCHE (suite)

Ducas, Marc-Antoine, Entrepreneur en résidence, Cycle Momentum

Ducharme, Edith, Spécialiste Innovation et Collaboration, Optonique (Pôle d'excellence en optique-photonique du Québec)

Fillon, Tiphaine, Directrice aux partenariats et aux affaires corporatives, Technum Québec

Fournier, René, Chef innovation, Ressorts Liberté

Fradette, Louis, Cofondateur et directeur technique, Cycle Carbone

Gagnon, Jean-Philippe, Chef des technologies, Exterra

Gordon, Sébastien, Chargé de projet en analyse structurale, ing., Ph. D., CTA (Centre Technologique en Aérospatiale)

Guestier, Martin, Directeur investissement - Placements privés et investissements d'impact, Énergie et environnement, Fonds de solidarité des travailleurs et travailleuses (FTQ)

Guindon, Alexandre, Directeur général et co-fondateur, 2 Degrés

Hovan, Luc, Vice-président Intégration et Infrastructure, Northvolt

Henry, Schaer, Analyste commercial, WattbyWatt

Johnson, Michael, Analyste en combustion – Nouvelles Technologies. Hydrogène, flexibilité du carburant et capture de carbone, Siemens Énergie

Ka, Ibrahima, Cofondateur, WattbyWatt

Khoun, Lolei, Agent de recherche, CNRC- Automatisation et Transport de surface

Kroeger, Jens, Responsable R-D, AP&C Powder Metallurgy | GE Additive

Lancôt, Pascal, Associé, Fonds Technologies pour le climat, BDC Capital

Lapierre, Dominic, Gestionnaire de comptes, ABB

Lauzon, Janic, Directrice générale, CDCQ (Centre de Développement des Composites du Québec)

Lefèvre, Florent, Président, Kynze

Lequin, François, CTO Office, Technology Initiatives, E2ip

Levasseur, Annie, Directrice scientifique du Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire, CERIEC

Levesque, Rodrick, Vice-président Ingénierie, Manac Inc.

Lévesque, Sylvie, Directrice générale adjointe, Corem

Lizaire, Maude, Étudiante au doctorat, MILA, Institut québécois d'intelligence artificielle

Maghoul, Pooneh, Professeure titulaire, Polytechnique Montréal

Mailloux, Nicolas, Coordonnateur R-D et subventions gouvernementales, Sayona

Marin, Gheorghe, Directeur général, CMQ (Centre de Métallurgie du Québec)

Marion, Frédéric, Responsable de l'expérience client et de l'expertise matérielle, AP&C Powder Metallurgy | GE Additive

Marques, Cristina, Vice-présidente - Gestion des programmes d'innovation, CRIBIQ (Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec)

Marquis, Josiane, Conseillère principale - Développement hydrogène et CUSC, Énergir

Martin, Manuel, Chef technique pour la fabrication additive, Groupe industriel de R-D METALTech

Moghimian, Nima, Directeur R-D, NanoXplore

Mottola, Laura, Vice-présidente – Chaîne d'approvisionnement, Northvolt

Mousseau, Normand, Directeur scientifique, Institut Trottier

Normandin, Daniel, Directeur, CERIEC (Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire)

Olsen, Caroline, Directrice R-D, SGS Canada (Société Générale de Surveillance)

Parenteau, Guillaume, Vice-président – Développement des affaires, Vallée de la transition énergétique

Perineau, Fabien, Conseiller au transfert technologique et à l'innovation, IVADO

Perron, Christian, Président et chef des opérations, CEIM (Centre d'entreprises et d'innovation de Montréal)

Poirier, René, Gestionnaire régional (Québec), Politiques, analyse et renseignement, Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE)

Pomerleau, Guy, Consultant - Planification stratégique, Blue Solutions

Pouliot, Jean-François, Directeur général, CRITM (Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique)

Quenneville, Olivier, Président-directeur général, Réseau Capital

Rego De Vasconcelos, Bruna, Professeure adjointe, Université de Sherbrooke

Renaudin, Alan, Directeur - Développement des affaires, partenariats stratégiques et marketing, C2MI (Centre de collaboration Micro Innovation)

Rilling, Madison, Directrice générale, Optonique (Pôle d'excellence en optique-photonique du Québec)



REMERCIEMENTS DES PARTICIPANTS À LA DÉMARCHE (suite et fin)

Robitaille, Myrielle, Ing., Directrice Principale – Énergie et environnement, Sia Partenaires Inc./Sia Partners Inc.

Rolnick, David, Professeur chercheur, MILA, Institut québécois d'intelligence artificielle

Rossetto, Daniela, Chercheure, Geomega

Sarra-Bournet, Christian, Directeur scientifique, DistriQ

Santato, Clara, Professeure titulaire, Polytechnique Montréal

Sarazin, Pierre, Vice-président R-D et développement durable, PolyExpert

Sasseville, Mathieu, Conseiller principal, FondAction

Schaer, Henry, Analyste commercial, WattbyWatt

Shiettekatte, Francois, Directeur adjoint, RQMP (Regroupement québécois sur les matériaux de pointe)

Shchupak, Zoya, Managing Partner, Innovobot Resonance

Siaj, Mohamed, Directeur, CQMF (Centre Québécois sur les Matériaux Fonctionnels)

Stafford, Luc, Professeur titulaire et Vice-recteur adjoint à la recherche, Université de Montréal

Stateikina, Irina, Scientifique principale - Développement de processus de microfabrication MEMS, C2MI (Centre de collaboration Micro Innovation)

Tanguay, Geneviève, Présidente-directrice générale, Angés Québec

Tolza, Alexandra, Directrice générale, ISEQ (Industrie des Systèmes Électroniques du Québec)

Valois, Steve, Chef Expertise - Performance, évolution et caractérisation des actifs - Production, Hydro-Québec

Vendittoli, Mario, Directeur de l'intelligence économique, DEC (Développement Économique Canada)

Villemont Clément, Vice-président – Développement du milieu du savoir et de l'écosystème de l'innovation, Vallée de la transition énergétique

Zaghib, Karim, Président-directeur général, Volt-Age et Professeur titulaire de génie chimique et des matériaux, Université Concordia

Zwarts, Franck, Directeur principal - Investissements, CDPQ (Caisse de Dépôt et Placement du Québec)

ANNEXE A - PORTRAIT DES QUATRE SECTEURS D'APPLICATIONS PRIORISÉS

Quatre secteurs d'application ont été identifiés pour le Québec, en se basant sur quatre critères :

- **LES PERSPECTIVES DE MARCHÉ** : évaluées par Zion Market Research ^[1] et par E&B Data ^[5].
- **LA MASSE CRITIQUE D'ENTREPRISES** : définie comme le nombre de firmes qui fabriquent au Québec des matériaux avancés en lien avec les divers secteurs d'application évalué par E&B Data^[5].
- **LA PROPENSION À INNOVER** : évaluée sur la base de l'analyse de Science Metrix sur les brevets et publications scientifiques, ainsi qu'à partir de l'Enquête sur l'innovation et des stratégies d'entreprises (2023) de Statistique Canada et de l'Institut de la Statistique du Québec.
- **L'APPORT À LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE** : évalué par la contribution à la décarbonation de son propre secteur mais aussi des autres secteurs d'application et chaînes d'approvisionnement.

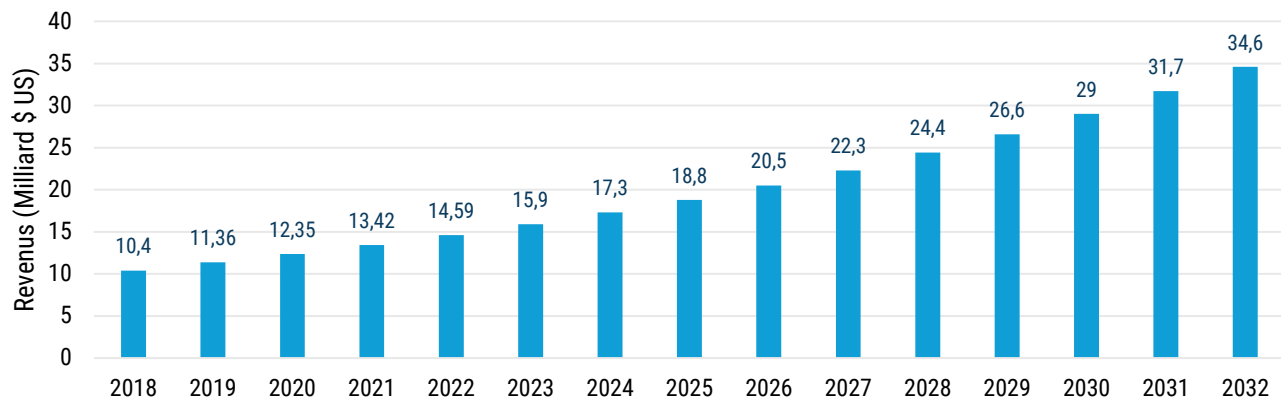


SECTEUR ÉLECTRONIQUE

PERSPECTIVES DE MARCHÉ

Les matériaux aux propriétés thermiques et électriques supérieures stimulent l'innovation et une forte demande du marché de l'électrique et l'électronique^[1]. Les revenus de ce dernier pourraient atteindre 34,6 milliards de dollars d'ici 2032 et l'Amérique du Nord est prévue d'occuper la plus grande part de ces revenus (5,8 milliards de dollars).

Figure 12. REVENUS MONDIAUX DU SECTEUR DE LA MICROÉLECTRONIQUE/ÉLECTRONIQUE À L'HORIZON 2032 ^[1]



Les tensions géopolitiques entre les États-Unis, la Chine et Taiwan, ainsi que les perturbations des chaînes d'approvisionnement, à la suite de la pandémie ont incité l'Europe et l'Amérique du Nord à investir massivement dans l'augmentation de leurs capacités de fabrication de semi-conducteurs.

De lucratives occasions d'affaires s'offrent aux matériaux avancés canadiens et procédés associés, alors que le Chips and Science Act (2022-2026) investit 74 milliards de dollars dans le rapatriement d'Asie en Amérique du Nord des capacités de fabrication en microélectronique et que se développent rapidement toute une filière nord-américaine intégrée, des minéraux critiques aux méga-manufactures de véhicules électriques alimentés par l'Inflation Reduction Act ^[2].

La capacité mondiale de fabrication des semi-conducteurs augmentera de 6.4 % en 2024 pour atteindre le rythme record de 30 millions de plaquettes par mois ^[26].



ANNEXE A – PORTRAIT, SECTEUR ÉLECTRONIQUE ET MICROÉLECTRONIQUE (suite)

MASSE CRITIQUE AU QUÉBEC

Le Québec possède une masse critique significative dans le secteur de la microélectronique/électronique. Au cœur de l'écosystème québécois se trouvent des entreprises dynamiques, comme IBM-Bromont, Teledyne Dalsa, Matrox, Esterline, MPB et Aeponyx, mais aussi des centres de recherche de calibre international, comme le C2Mi et l'Institut national d'optique. La mise en œuvre de la zone d'innovation Technum constitue également une initiative structurante. Elle rassemble plusieurs entreprises, des institutions académiques, et des centres de recherche pour favoriser la collaboration et l'innovation dans des secteurs clés tels que la microélectronique, l'intelligence artificielle, et les matériaux avancés. En 2024, 19 % des entreprises en matériaux avancés et procédés associés ont la microélectronique et les technologies de télécommunications comme domaines d'application ^[5].

La masse critique d'expertise présente au Québec est reconnue mondialement en recherche et développement, conception et assemblage de composants microélectroniques/électroniques, en optique-photonique, en intelligence artificielle et quantique. En 2023, la fabrication électronique représentait 3,2 milliards de dollars de PIB au Québec et près de 36 500 emplois parmi 730 entreprises ^[28].

Saviez-vous que : La zone d'innovation de Bromont abrite plusieurs entreprises et centres de recherche en microélectronique. Parmi eux, IBM, l'un des plus grands fabricants de semi-conducteurs au monde, possède une importante installation de fabrication ^[27].

Tableau 2. BREVETS PAR SECTEUR D'APPLICATION A QUÉBEC ^[3]

Domaine et sous-domaines	Familles de brevets	Ratio de croissance (RC)	RC Relatif	Indice de spécialisation (IS)
Matériaux avancés	2 130	1.54	1.11	0.94
Nanomatériaux	331	1.45	1.07	1.03
Composites, céramiques et polymères	326	1.94	1.46	0.82
Semi-conducteurs	248	1.61	1.53	0.65
Énergie	270	1.05	0.68	0.83
Environnement	186	1.04	0.76	1.28
Systèmes optiques	206	1.48	1.30	1.44
Instrumentation	198	1.61	1.31	1.2
Traitement de surface	148	1.31	1.14	0.85
Impression 3D	113	4.38	0.64	1.06
Métaux	129	1.8	1.12	1
Électronique imprimable/flexible	100	3.76	1.69	0.76
Extraction et traitement des minéraux	117	1.92	1.67	2.99
Construction	51	1.13	0.99	1.29
Transport	54	2.38	1.17	0.57
Métamatériaux	34	3.86	2.54	1.94



ANNEXE A – PORTRAIT, SECTEUR ÉLECTRONIQUE ET MICROÉLECTRONIQUE (suite)

De plus, le secteur de l'électronique au Québec est caractérisé par une capacité en recherche et développement reconnue mondialement grâce à plusieurs atouts ^[28] :

- **Plusieurs centres de recherche** tels que le C2MI, l'Institut National d'Optique, 3IT, CMC Microsystems et le Centre d'Innovation en Microélectronique du Québec qui possèdent des spécialisations variées en électronique permettant une innovation diversifiée.
- **Des organismes fédérateurs** tels que Technum Québec qui assure le développement du secteur et la collaboration entre les divers acteurs de l'écosystème et l'Industrie des systèmes électronique du Québec qui représente un pôle québécois d'excellence électronique.
- **Des investissements gouvernementaux** récents soutenant l'innovation d'une valeur de 255 millions de dollars canadiens en 2022 par le Gouvernement du Québec pour la zone d'innovation Technum Québec et 39,8 millions au C2MI et IBM dans la même zone en 2024. Le Gouvernement du Canada a également investi 24,9 millions de dollars canadiens en 2024 pour soutenir la production de composantes par IBM et le C2MI et 35 millions de dollars pour la modernisation de l'usine de semi-conducteurs d'IBM conjointement avec Québec.

Saviez-vous que ...

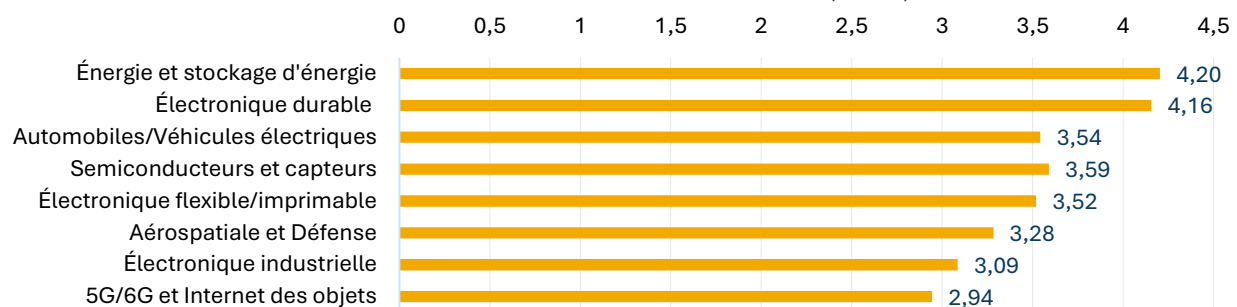
Le C2MI (Centre de Collaboration MiQro Innovation) est reconnu comme l'un des centres de recherche et de développement les plus importants au Canada dans le domaine des systèmes électroniques. Situé à Bromont, au Québec, il se concentre sur la microélectronique et les microsystèmes, offrant des installations de pointe pour le développement et la commercialisation de technologies avancées. Le C2MI joue un rôle clé en facilitant la collaboration entre les entreprises, les universités et les organismes de recherche pour accélérer l'innovation et le transfert technologique ^[28].

APPORT À LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE

Les technologies liées à la microélectronique/électronique s'immiscent dans plusieurs secteurs d'application sous forme de capteurs, semi-conducteurs, unités de contrôle, et DEL. Ces matériaux et composants sont essentiels à la décarbonation, à l'automatisation de procédés industriels, à la gestion de l'utilisation de l'énergie et à l'optimisation de sa distribution dans un réseau.

Selon les organisations et entreprises sondées par PRIMA Québec, les trois applications prioritaires dans le secteur de l'électronique sont : l'énergie et le stockage d'énergie, l'électronique durable et l'automobile et véhicules électriques (Figure 13).

Figure 13. RÉSULTATS DU SONDAGE LANCÉ PAR PRIMA QUÉBEC SUR LES APPLICATIONS À PRIORISER DANS LE SECTEUR DE L'ÉLECTRONIQUE AU QUÉBEC (n=127)



SECTEUR ÉNERGIE

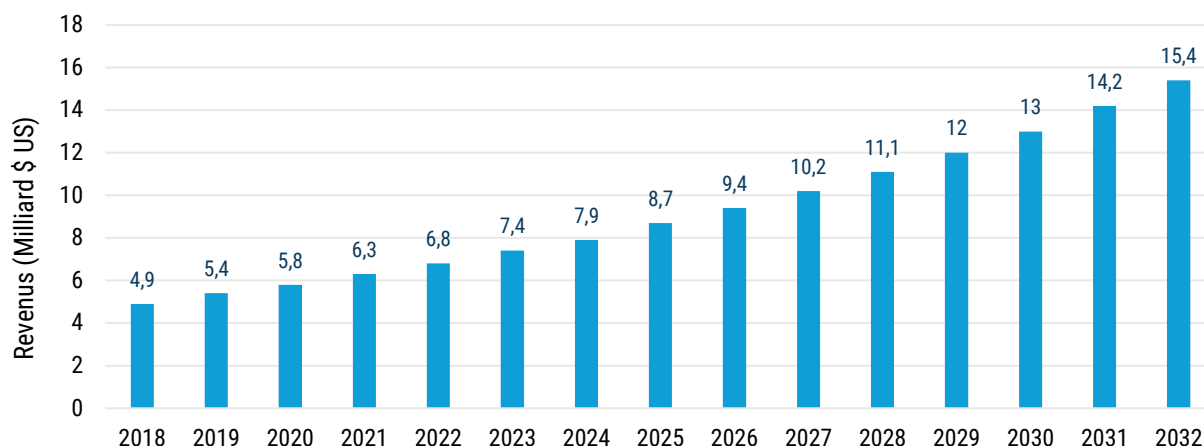
PERSPECTIVES DE MARCHÉ

La transition énergétique est bien enclenchée et les investissements mondiaux en lien avec la transition énergétique ont atteint 1 800 milliards de dollars en 2023 ^[12]. Les énergies renouvelables continuent d'occuper une part importante de ces investissements avec une croissance de 800 milliards de dollars entre 2023 et 2024. D'ici 2030, le CAPEX moyen des énergies renouvelables déclinerait d'un autre 15 à 20%. En 2024, le solaire arriverait en tête avec 55 % des investissements mondiaux totaux, suivi par l'éolien terrestre^[2]. Il s'agit d'un marché dynamique qui constitue un levier important stimulant la demande pour des matériaux avancés et des composantes. Sur le marché des matériaux avancés, les revenus associés au secteur de l'énergie pourraient atteindre 15,4 milliards de dollars d'ici 2032 (Figure 7). Selon le portrait réalisé pour PRIMA en 2024, l'énergie est le domaine d'application ayant le plus grand potentiel de marché selon les entreprises québécoises ^[5].

Plusieurs dynamiques favorisent le développement de ce marché, dont :

- Le plan stratégique 2022-2026 d'Hydro-Québec et le prochain projet de loi sur la production privée d'énergies renouvelables ouvrent la voie à de lucratives occasions d'affaires pour les entreprises québécoises, réussissant à s'insérer dans sa chaîne d'approvisionnement. De même, les É.U. continuent d'être le marché d'importance du Québec pour exporter ou y fabriquer des matériaux avancés et composantes liées au solaire et à l'éolien, en dépit de leurs politiques protectionnistes ^[2].
- Les feuilles de routes multiples qui priorisent des solutions techniques potentielles pour réduire ou décarboner les procédés des industries énergivores. Elles portent le plus souvent sur l'électrification de la chaleur, l'utilisation de l'hydrogène vert, de la biomasse comme combustible, du piégeage, stockage et utilisation de carbone ^[2].

Figure 7. REVENUS MONDIAUX DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE À L'HORIZON 2032 ^[1]



Saviez-vous que ...

Le premier « méga-parc » éolien d'Hydro-Québec se déploiera au Saguenay-Lac-Saint-Jean, comme l'a révélé Radio-Canada en juillet 2024. Ce projet, qui sera le deuxième en importance au monde, s'étendra sur un territoire équivalant à 13 fois la superficie de l'île de Montréal ^[13].



MASSE CRITIQUE AU QUÉBEC

Le Québec dispose d'une importante masse critique d'entreprises dans le secteur de l'énergie, soutenue par des investissements majeurs et des initiatives stratégiques. 29 % des entreprises en matériaux avancés au Québec ont l'énergie comme domaine d'application principal ^[5]. Les matériaux avancés jouent un rôle clé dans plusieurs applications telles que la protection des lignes électriques, la production et le stockage de l'hydrogène, ainsi que dans les technologies d'électrolyse et de caractérisation ^[3].

La province bénéficie également d'expertises en recherche et développement mondialement reconnues, notamment en super conducteurs pour le transport d'électricité, en nouveaux matériaux pour les batteries, et en utilisation de l'intelligence artificielle pour la génération d'énergie propre (solaire, éolien). De plus, un contexte de politiques publiques et de cadres réglementaires favorables, soutenu par des intervenants tels qu'Hydro-Québec, Propulsion Québec et la Vallée de la Transition Énergétique, encourage des initiatives structurantes dans le secteur de l'énergie.

PROPENSION À INNOVER

La propension à innover dans le domaine des matériaux avancés appliqués au secteur de l'énergie est particulièrement remarquable. Ce dynamisme est soutenu par un écosystème d'innovation robuste, des collaborations académiques et industrielles, ainsi que des politiques publiques favorables.

Il existe des brevets en matériaux avancés portant sur 270 familles de brevets et positionnant le Québec en 3ème rang en termes d'inventivité dans le secteur de l'énergie au Canada (Tableau 2). Cette étude signale également que le Québec possède une expertise en recherche et développement en super conducteurs pour le transport d'électricité, nouveaux matériaux pour les batteries utilisant l'intelligence artificielle, matériaux pour la génération d'énergie propre (solaire, éolien), protection des lignes électriques avec des matériaux avancés, production et stockage de l'hydrogène ^[3].

Tableau 2. BREVETS PAR SECTEUR D'APPLICATION AU QUÉBEC ^[3]

Domaine et sous-domaines	Familles de brevets	Ratio de croissance (RC)	RC relatif	Indice de spécialisation (IS)
Matériaux avancés	2 130	1.54	1.11	0.94
Nanomatériaux	331	1.45	1.07	1.03
Composites, céramiques et polymères	326	1.94	1.46	0.82
Semi-conducteurs	248	1.61	1.53	0.65
Énergie	270	1.05	0.68	0.83
Environnement	186	1.04	0.76	1.28
Systèmes optiques	206	1.48	1.30	1.44
Instrumentation	198	1.61	1.31	1.2
Traitement de surface	148	1.31	1.14	0.85
Impression 3D	113	4.38	0.64	1.06
Métaux	129	1.8	1.12	1
Électronique imprimable/flexible	100	3.76	1.69	0.76
Extraction et traitement des minéraux	117	1.92	1.67	2.99
Construction	51	1.13	0.99	1.29
Transport	54	2.38	1.17	0.57
Métamatériaux	34	3.86	2.54	1.94



ANNEXE A – PORTRAIT, SECTEUR ÉNERGIE (suite)

Saviez-vous que ...

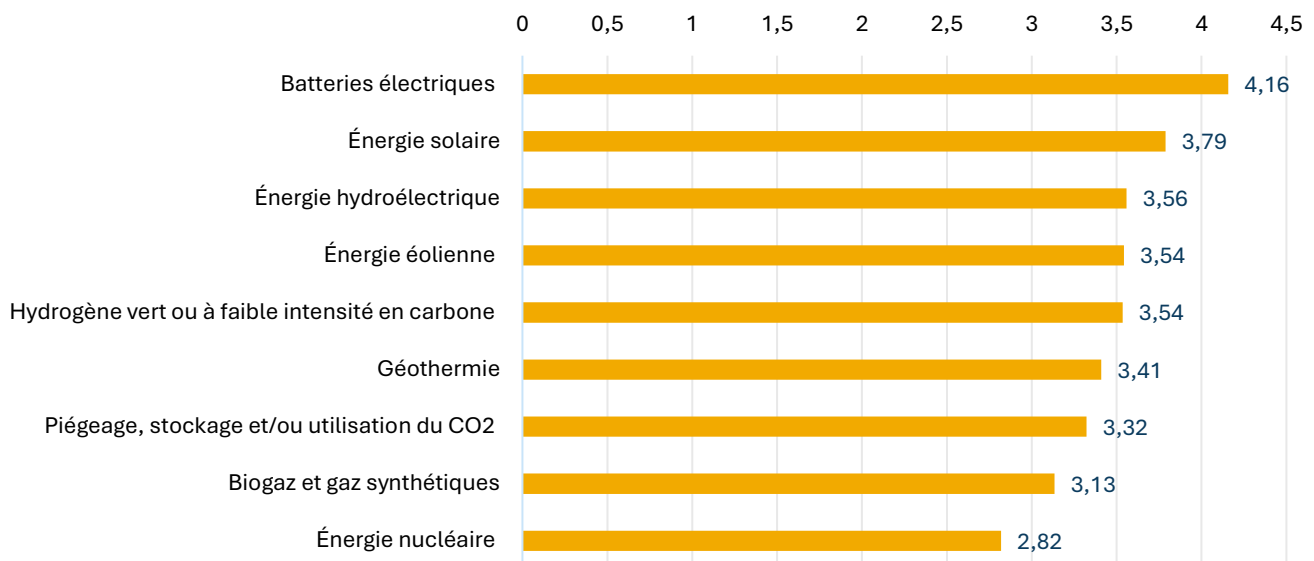
Un projet, mené en collaboration avec des partenaires industriels et académiques, a permis la création de super condensateurs de nouvelle génération qui améliorent significativement le stockage et la distribution de l'énergie. Il s'agit du projet de développement des super condensateurs à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ). Ces super condensateurs sont utilisés pour stabiliser les réseaux électriques, notamment en intégrant les sources d'énergie renouvelable comme le solaire et l'éolien, et en améliorant l'efficacité énergétique des systèmes de transport électrique.

APPORT À LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE

La quasi-totalité des technologies du secteur de l'énergie du Québec permettent de réduire la dépendance aux énergies fossiles, améliorent l'efficacité énergétique des procédés industriels et contribuent à la décarbonation. Les matériaux avancés et composants pour le stockage d'énergie, les turbines, les éoliennes, les panneaux solaires sont essentiels.

Dans le cadre de la démarche de la Feuille de Route, PRIMA Québec a sondé les entreprises et organisations du secteur des matériaux avancés et procédés associés sur les applications à prioriser dans les 4 secteurs stratégiques. Dans le cas du secteur de l'énergie, les batteries électriques se retrouvent au premier rang.

Figure 8. RÉSULTATS DU SONDAGE LANCÉ PAR PRIMA QUÉBEC SUR LES APPLICATIONS À PRIORISER DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE AU QUÉBEC (n=127)



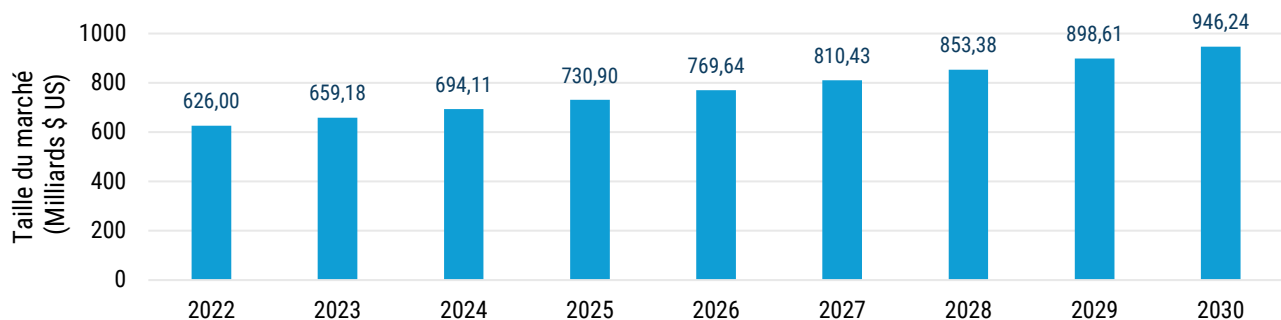
SECTEUR ENVIRONNEMENT

PERSPECTIVES DE MARCHÉ

La demande mondiale dans le secteur de l'environnement est stimulée par l'importance croissante accordée à la durabilité et aux préoccupations liées à la transition énergétique. La sensibilisation aux changements climatiques et la reconnaissance de l'impact des technologies environnementales seraient les leviers clés qui stimulent le développement du marché des matériaux avancés ^[1].

Le secteur des technologies environnementales occupera 946 milliards de dollars d'ici 2030 avec l'Amérique du Nord comme plus grand marché et le segment des technologies des traitement d'eau comme plus grande source de revenus ^[15].

Figure 9. REVENUS MONDIAUX DU SECTEUR DES TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES
À L'HORIZON 2030 ^[15]



Au Québec, le secteur de l'environnement est soutenu par plusieurs leviers qui favorisent son développement et sa croissance :

- Des politiques de développement durable, d'efficacité énergétique, de gestion des matières résiduelles, des sols et des eaux usées, ainsi que par un engagement à réduire les émissions de GES de 37,5 % sous le niveau de 1990 d'ici 2030 ^[2].
- Un cadre incluant plusieurs lois structurantes qui s'attaquent à des enjeux environnementaux au Québec tels que les règlements sur l'augmentation du nombre de véhicules automobiles à zéro émissions, l'amélioration de la qualité de l'environnement et la gestion et le traitement de l'eau nécessitant des technologies environnementales habilitantes qui s'appuient sur des matériaux avancés et procédés associés ^[16].
- Une participation du Québec au Western Climate Initiative en 2008, s'engageant à réduire les émissions de GES par le biais d'un système de plafonnement et d'échange. Ceci a permis d'attirer des investissements dans les technologies propres et stimuler l'innovation en matière de réduction des émissions ^[17].



MASSE CRITIQUE AU QUÉBEC

Les entreprises québécoises possèdent une vaste expertise dans le traitement des émissions et des effluents, ainsi que les principes de réduction, réutilisation, recyclage et valorisation (3RV). Plusieurs firmes innovantes au Québec travaillent sur les problématiques de réduction à la source, réemploi, recyclage et valorisation. Parmi ces dernières, on retrouve Géoméga, Pyrowave, Polystyvert, et autres. L'expertise-conseil en environnement constitue une autre force québécoise reconnue partout dans le monde. En effet, le Québec peut compter sur un grand bassin d'entreprises spécialisées en : génie environnemental, fabrication de systèmes et d'équipements variés, conception et utilisation de procédés de traitement de l'air, de l'eau, des sols et des matières résiduelles faisant appel à des matériaux avancés et procédés associés ^[18]. De plus, 22 % des entreprises en matériaux avancés et procédés associés ont l'environnement comme domaine d'application ^[5].

Saviez-vous que ...

La masse critique importante au Québec dans le secteur de l'environnement favorise des collaborations efficaces. Un exemple est le Réseau Environnement, un regroupement de plus de 200 entreprises et institutions spécialisées dans la gestion des ressources et la technologie environnementale. Ensemble, ces entreprises travaillent sur des projets innovants tels que le développement de technologies de traitement des eaux usées et de recyclage des matériaux avancés ^[19].

PROPENSION À INNOVER

Au Québec, se retrouvent quelques inventeurs parmi les plus prolifiques au Canada dans le domaine de l'environnement. La propension à innover dans le domaine des matériaux avancés appliqués au secteur de l'environnement est démontrée par le nombre important de familles de brevets en lien avec ce secteur. Au Québec, il existe 186 familles de brevets en lien avec ce secteur. Le Québec possède également une spécialisation importante dans ce secteur ^[3].

Saviez-vous que ...

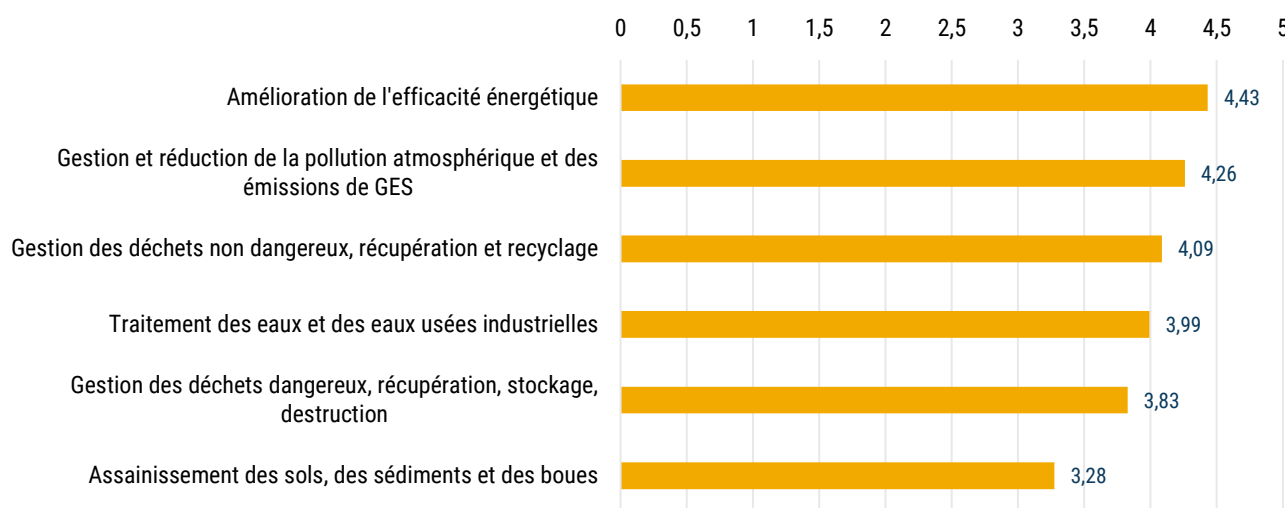
Le projet de l'École de technologie supérieure (ÉTS) développe des fibres fonctionnalisées biodégradables pour améliorer le traitement de l'eau. Ces fibres innovantes sont conçues pour offrir une filtration efficace tout en étant écologiques. En intégrant des propriétés d'absorption et d'adsorption des contaminants, elles permettent de purifier l'eau de manière durable. Grâce à leur nature biodégradable, ces fibres réduisent l'impact environnemental des systèmes de filtration, répondant ainsi aux besoins croissants en technologies de traitement de l'eau respectueuses de l'environnement ^[20].

APPORT À LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE

Les technologies habilitantes liées au secteur de l'environnement s'appuient non seulement sur des matériaux et des procédés, mais elles contribuent à réduire l'intensité en carbone et les impacts environnementaux.

Selon les organisations et entreprises sondées par PRIMA Québec, les trois applications prioritaires dans le secteur de l'environnement sont : l'amélioration de l'efficacité énergétique, la gestion et réduction de la pollution atmosphérique et des émissions de GES et la gestion des déchets non dangereux, récupération et recyclage.

Figure 10. RÉSULTATS DU SONDAGE LANCÉ PAR PRIMA QUÉBEC SUR LES APPLICATIONS À PRIORISER DANS LE SECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT AU QUÉBEC (n=127) ^[15]



Saviez-vous que ...

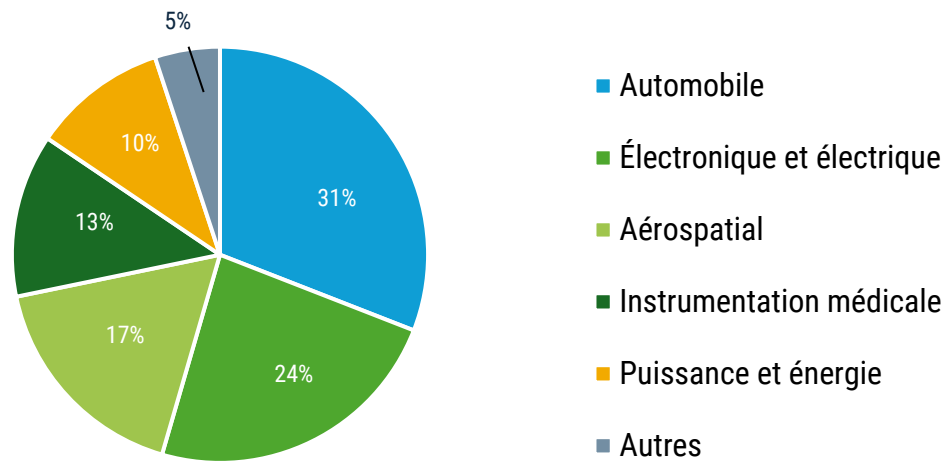
L'adoption des technologies environnementales peut réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) jusqu'à 70 % dans certains secteurs ^[21].

SECTEUR TRANSPORT

PERSPECTIVES DE MARCHÉ

L'importance croissante accordée à l'allègement des pièces, à l'efficacité énergétique et à la réduction des émissions est un levier important stimulant la demande de matériaux avancés dans le domaine du transport. Plusieurs segments de ce marché se développent de manière dynamique et celui de l'automobile est prévu d'occuper la part de revenus la plus importante d'ici 2032 dans le marché des matériaux avancés ^[1].

Figure 11. PART DE REVENUS MONDIAUX DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT À L'HORIZON 2032 ^[15]



Bien que les États-Unis soient au premier rang pour répondre à la demande mondiale en batteries électriques estimée par l'IEA d'ici 2032, le Canada attire et s'investit avec 66 projets d'investissements réalisés entre 2014 et 2023 et des dépenses en capital de 33 G\$ en matériel de transport automobile ^[2].

De plus, plusieurs initiatives gouvernementales provinciales et fédérales ont mis en œuvre des investissements majeurs en lien avec le développement d'une filière véhicules/batteries électriques, l'instauration de la Vallée de la transition énergétique et la décarbonation des transports.

Saviez-vous que ...

Les $\frac{3}{4}$ des 1 800 G\$ des investissements mondiaux en 2023 en lien avec la transition énergétique concernent le secteur du transport parmi d'autres et plus spécifiquement les véhicules électriques ^[12].



MASSE CRITIQUE AU QUÉBEC

48 % des entreprises en matériaux avancés et procédés associés ont le transport comme domaine d'application ^[5]. La filière batteries électriques est en train d'émerger avec les nombreux projets industriels majeurs en construction dont les impacts se feront sentir pour la décennie à venir. Selon Bloomberg, le Canada décline maintenant la Chine en tant que meilleur endroit au monde où bâtir une chaîne d'approvisionnement pour les batteries aux ions de lithium ^[12]. Le Québec a tout ce qu'il faut pour produire la batterie la plus propre d'Amérique du Nord : des ressources naturelles, un savoir-faire de pointe, un écosystème industriel en pleine effervescence et un réseau de recherche en MCS qui est en avant-garde avec plus de 850 brevets liés aux batteries ^[22].

Saviez-vous que ...

Le Québec est le plus grand centre de fabrication aéronautique au Canada. En effet, 61 % des emplois manufacturiers en aéronautique s'y concentrent. De plus, le Québec est un pionnier dans différents segments de marché tels que les simulateurs de vol et les moteurs d'hélicoptères ^[23]. En 2023, l'aéronautique a représenté 4,9 milliards de dollars de produit intérieur brut (PIB) pour l'économie québécoise, employant 28 000 personnes ^[31] parmi 81 compagnies ^[32]. C'est une industrie en croissance soutenue par l'augmentation des dépenses de la défense ^[29]. Au Québec, Montréal est l'une des principales plaques tournantes de l'aéronautique dans le monde avec diverses agences internationales d'aviation qui y sont basées tel que l'Organisation de l'aviation civile internationale et l'Association internationale du transport aérien et des entreprises tel que Bombardier, Bell Textron, Pratt & Whitney Canada, CAE et Airbus qui y sont présentes ^[29,30].

PROPENSION À INNOVER

Le Québec possède 54 familles de brevets en lien avec le secteur du transport. L'expertise en recherche et développement est surtout notée autour des composites légers, alliages, capteurs à haute sensibilité, impression 3D, et matériaux pour les batteries. De plus, la performance du Québec en termes d'inventivité dans le secteur des matériaux avancés en transport connaît une croissance marquée entre 2003 et 2020 avec ratio de croissance du nombre de famille de brevets parmi les plus élevés observé sur 16 domaines et sous-domaine au Québec ^[3].

Saviez-vous que ...

La technologie des batteries au lithium-fer-phosphate (LFP) a des racines importantes au Québec. Cette avancée technologique, reconnue pour sa sécurité, sa longévité et son efficacité énergétique, a été développée en partie par des chercheurs et entreprises québécoises. Cette technologie, née au Québec, contribue à la transition énergétique globale en offrant des solutions de stockage d'énergie plus sûres et plus durables ^[24].



APPORT À LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE

Les matériaux avancés et procédés associés (comme les batteries et alliages légers) offrent un potentiel énorme dans la décarbonation des transports en permettant la fabrication construction de véhicules plus légers, plus efficaces et moins dépendants sur les énergies fossiles.

Plusieurs exemples de technologies habilitantes permettent un apport considérable à la décarbonation de l'économie. Parmi ces dernières, on retrouve les batteries à recharge plus rapide, les moteurs plus résistants aux hautes température et pressions, les nouveaux alliages plus légers, et les matériaux conducteurs.

L'intégration de matériaux composites dans les véhicules peut aussi réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre. Une étude menée par le Centre de recherche sur l'automobile et les transports de surface a révélé que l'utilisation de composites légers dans la fabrication de voitures peut réduire les émissions de CO₂ de jusqu'à 20 % par véhicule. Ces matériaux, tels que les composites en fibre de carbone, permettent de fabriquer des véhicules plus légers, ce qui améliore leur efficacité énergétique et réduit la consommation de carburant ^[25].

ANNEXE B – GLOSSAIRE



ANNEXE B – GLOSSAIRE

C

Capital patient

Type d'investissement où le capital est engagé pour une durée prolongée, généralement dans des projets ou des entreprises qui nécessitent du temps pour atteindre leur pleine maturité et générer des rendements.

D

Décarbonation

Processus de réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et, plus largement, de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant des activités humaines.

E

Émissions

Émissions au sens de gaz à effet de serre (GES). Rejet par l'industrie, les moyens de transports, etc. de gaz dans l'atmosphère.

Écoconception

Approche de conception de produits et de services qui vise à minimiser leur impact environnemental tout au long de leur cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à leur fin de vie. Cette démarche intègre des considérations environnementales dès les premières étapes de conception et tout au long du développement du produit.

H

Homologation

Processus de validation et d'approbation de nouveaux matériaux pour des applications spécifiques, en s'assurant qu'ils répondent à des normes strictes de performance, de sécurité et de qualité.

M

Marchés publics

Contrats conclus entre des entités publiques (comme les gouvernements, les municipalités, ou les établissements publics) et des entreprises privées pour l'achat de biens, la réalisation de travaux, ou la fourniture de services.

P

Protectionnisme commercial

Politique et mesures économiques visant à protéger les industries nationales de la concurrence étrangère en limitant les importations et en favorisant les produits locaux.

T

Traçabilité

Capacité de suivre et d'enregistrer le parcours d'un produit, d'un matériau ou d'un processus tout au long de sa chaîne de production et de distribution, depuis l'origine jusqu'à la destination finale. Elle permet de connaître l'historique, l'utilisation et les transformations subies par un produit.

Transparence environnementale

Accessibilité des informations liées à l'impact environnemental d'un produit.

ANNEXE C – RÉFÉRENCES



ANNEXE C – RÉFÉRENCES

1. Zion Market Research (2024). Global Advanced Materials Market Analysis, 2018-2032.
2. René Poirier (2024). Transition énergétique et matériaux avancés : une lecture de l'environnement, Innovation, Sciences et Développement économique Canada.
3. Science-Metrix (2024). Étude bibliométrique et technométrique sur la recherche et l'innovation sur les matériaux avancés au Québec, pour le compte de PRIMA Québec.
4. Centre d'excellence sur les drones (2024). Créneau d'excellence sur les drones civils et commerciaux.
5. E&B Data (2024). Mise à jour des indicateurs statistiques de l'offre et de la demande de matériaux avancés au Québec, pour le compte de PRIMA Québec.
6. Experts du milieu (2024). Entretiens experts réalisés dans le cadre de la démarche de la Feuille de Route.
7. Stantec (2024). Matériaux de la transition énergétique: État de la situation et pistes de solutions.
8. Harvey, J. (2024). Guide sur la décarbonation industrielle compétitive réalisé pour le CRITM et PRIMA Québec.
9. Commission Européenne (2020). Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif aux batteries et aux déchets de batteries.
10. Plasticompétences (2022). Analyse de besoins de formation.
11. Argonne National Laboratory (2024). Advanced Materials and Manufacturing.
12. Bloomberg NEF (2024). Global Clean Energy Investment Jumps 17%, Hits \$1.8 Trillion in 2023.
13. Radio-Canada (2024). Hydro-Québec annonce un premier grand projet éolien de 9 milliards \$.
14. Hydro-Québec (2015). Scientific Breakthrough in Rechargeable Batteries.
15. Grand View Research (2023). Environmental Technology Market Size.
16. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2024). Norme véhicule zéro émission.
17. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2024). Western Climate Initiative.
18. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2024). Saine gestion des matières résiduelles.
19. Réseau Environnement (2024). À propos.
20. École de Technologie Supérieure (2024). Des fibres fonctionnalisées biodégradables pour mieux traiter l'eau.
21. GIEC (2019). Rapport spécial du GIEC sur les changements climatiques et les terres.
22. Gouvernement du Québec (2024). Minéraux critiques et stratégiques.
23. Montréal International (2024). Aérospatiale.
24. Le Devoir (2015). L'IREQ met au point une batterie qui dure 50 ans.
25. Gouvernement du Canada (2021). Vers une fabrication à grande vitesse et peu dispendieuse de pièces légères pour le secteur automobile.