

# Étude bibliométrique et technométrique sur la recherche et l'innovation sur les matériaux avancés au Québec

Rapport exécutif

PRIMA Québec

02 février 2024

Empowering Knowledge™



## Contexte

La recherche et l'innovation dans le secteur des matériaux avancés est d'une importance capitale. Le développement de ces matériaux a par exemple le potentiel d'accroître l'efficacité énergétique des transports par l'utilisation de nouveaux matériaux plus légers sans pour autant compromettre leur résistance mécanique, ou encore de nouveaux dispositifs électroniques avec des semi-conducteurs optimisés. De plus, de nouveaux champs de recherche et de développement liés aux matériaux avancés – tels que la fabrication additive par exemple – auront des effets majeurs sur l'ensemble du secteur manufacturier dans les années à venir, et devront s'inscrire dans la perspective canadienne d'atteinte des objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies.

Le Québec bénéficie d'une industrie florissante basée sur les matériaux avancés qui est soutenue par une expertise académique et gouvernementale de pointe et est évaluée à 14 G\$ annuellement. En effet, plus de 470 entreprises de toutes tailles ayant des activités sur les matériaux avancés collaborent activement au développement de solutions innovantes avec les milieux académique et gouvernemental. Fondé en 2014, PRIMA Québec est au cœur de cet écosystème québécois et soutient directement la recherche et l'innovation en matériaux avancés, stimulant ainsi la compétitivité des entreprises québécoises dans ce domaine.

Afin de mieux comprendre la dynamique de l'écosystème québécois de R&I sur les matériaux avancés, et en support à l'élaboration d'une feuille de route pour le secteur au Québec, ce rapport présente un portrait comparatif de l'activité de R&I du Québec et du Canada, respectivement à l'échelle nationale et internationale. Le rapport se base sur l'analyse des publications scientifiques et des demandes de brevets d'invention sur les matériaux avancés pour la période 2003–2020.

À travers les publications scientifiques, certains éléments pertinents à la planification stratégique pour le secteur des matériaux avancés au Québec seront également abordés. Notamment, les thèmes de recherches principaux et émergents au Québec dans ce secteur seront identifiés. Le rapport tentera aussi d'évaluer dans quelle mesure la recherche sur les matériaux avancés s'inscrit dans une optique de développement durable et à quel point elle fait appel à une coopération intersectorielle et multidisciplinaire?

Pour l'analyse de l'inventivité, une appréciation plus fine de la performance du Québec et du Canada dans le secteur des matériaux avancés sera effectuée, selon 16 sous-domaines qui s'inscrivent au sein des dimensions suivants :

- **Type de matériaux** : métaux, composites céramiques et polymères, métamatériaux, nanomatériaux, matériaux et informatique;
- **Domaine d'application** : énergies, environnement, systèmes optiques, semi-conducteurs et composantes électroniques, transport, construction; et
- **Procédé** : extraction et traitement des minéraux, traitement de surface, instrumentation, impression 3D, électronique imprimable et flexible.

Ci-bas se trouve une description des principaux indicateurs bibliométriques et technométriques de l'étude, suivie d'une synthèse des faits saillants des analyses sur la recherche et l'innovation dans le secteur des matériaux avancés. L'étude met l'emphase sur la performance du Canada parmi les 15 pays les plus actifs dans chaque sous-domaine, et sur la performance du Québec parmi les autres provinces canadiennes.

### Sources de données et principaux indicateurs bibliométriques et technométriques

**Publications scientifiques** – Base de données Scopus (Elsevier), version spécialisée de Science-Metrix, incluant tous les types de documents revus par les pairs.

- **Nombre de publications** : cet indicateur est un compte du nombre brut de publications scientifiques revues par les pairs.
- **Ratio de croissance (RC)** : une estimation de la croissance sur la période 2003–2020. Le ratio correspond au nombre de publications scientifiques de la période 2012–2020 divisé par celui de 2003–2011. Un ratio supérieur à 1 indique une croissance, alors qu'un ratio inférieur à 1 indique une diminution.
- **Indice de spécialisation (IS)** : mesure de la proportion de publications scientifiques pour un pays dans un domaine donné, divisée par la même proportion au niveau mondial. Un indice supérieur à 1 indique que le pays est représenté dans le domaine à un niveau plus élevé que la moyenne globale.
- **Taux de collaboration internationale (TCI) et Taux de collaboration publique-privée (TCPP)** : représentent la proportion de publications d'une entité qui a fait l'objet d'une collaboration avec un autre pays (TCI), ou qui impliquent la collaboration entre les secteurs public et privé.
- **Moyenne des citations relatives (MCR)** : indicateur de l'impact scientifique mesuré par les citations des publications. Les citations des publications sont relativisées par rapport à la moyenne des citations des publications du domaine auquel elles appartiennent pour une année de publication donnée. Une MCR supérieure à 1 indique une moyenne de citations relatives supérieure à celle du monde et une MCR inférieure à 1 indique l'inverse.
- **Taux de publications les plus multidisciplinaires (DDA10%)** : cet indicateur mesure la proportion de publications d'une entité faisant partie du top 10% des publications ayant la plus forte diversité disciplinaire des auteurs.
- **Taux de publications citées dans les brevets** : cet indicateur reflète l'étendue du transfert des connaissances vers l'innovation.

**Brevets** – Base de données PATSTAT version automne 2023, incluant les brevets soumis à l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) et à l'Office européen des brevets (OEB).

- **Nombre de familles de brevets** : un compte du nombre de familles DOCDB de demandes de brevets faites à l'OEB et à l'USPTO.
- **Ratio de croissance (RC)** : calculé en prenant le nombre de familles de brevets.
- **Indice de spécialisation (IS)** : calculé en prenant le nombre de familles de brevets.

## La recherche sur les matériaux avancés

### La recherche au Canada

- Le Canada occupe la 13<sup>e</sup> place mondiale en termes de volume de publications scientifiques sur les matériaux avancés, avec 86 780 publications publiées entre 2003 et 2020. La Chine (963 342 publications), les États-Unis (610 745) et le Japon (229 094) sont les pays les plus prolifiques.
- La production scientifique au Canada a augmenté de 68% (RC 1.68) durant la période 2012-2020 relativement à la période 2003-2011. Bien que plus lente que la croissance mondiale (RC 2.0), qui est largement conduite par des pays émergents (Iran, l'Inde et la Chine), la progression du Canada est plus rapide que celle d'autres contributeurs majeurs dans le domaine, tels les États-Unis, le Japon et l'Allemagne.
- La recherche sur les matériaux avancés implique généralement la collaboration entre différents acteurs. Que ce soit au niveau de la collaboration internationale, entre les secteurs public et privé, ou encore au niveau de la collaboration multidisciplinaire telle que mesurée par la diversité disciplinaire des auteurs, le Canada se positionne parmi les pays ayant les plus hauts taux de collaboration. En effet, parmi les 15 pays les plus prolifiques, le Canada est 6<sup>e</sup> pour ces taux de collaboration internationale (49%) et public-privé (11%), et 7<sup>e</sup> pour sa proportion de publications parmi les plus multidisciplinaires.
- Le Canada n'est pas spécialisé dans la recherche sur les matériaux avancés, ayant une part de publications dans le domaine inférieure de 31% à celle du monde (IS de 0.69). L'Iran, la République de Corée, la Chine et l'Inde sont les pays les plus spécialisés dans ce domaine de recherche.
- Les publications du Canada sur les matériaux avancés ont un impact important, tant sur la recherche scientifique que sur l'innovation. En effet, dans les deux cas, les publications canadiennes sont citées en moyenne 27% plus que le niveau attendu. Ceci place le Canada au 4<sup>e</sup> rang derrière l'Australie, les États-Unis et le Royaume-Uni, en termes d'impact sur la recherche, et au 2<sup>e</sup> rang derrière les États-Unis, en termes d'impact sur l'innovation.

### La recherche au Québec

- Le Québec est le 2<sup>e</sup> contributeur canadien en termes de volume de publications scientifiques sur les matériaux avancés, derrière l'Ontario (25% et 48% du volume de publications canadiennes, respectivement). Sa production scientifique est en forte croissance, ayant augmenté de 77% durant la période récente (2012–2020), ce qui est légèrement au-dessus de la tendance nationale, mais en deçà de la croissance de l'Alberta (85%).
- Globalement, en ce qui concerne l'impact scientifique sur la recherche et l'innovation sur les matériaux avancés, le Québec performe au-dessus de la moyenne mondiale, mais suit généralement la moyenne nationale. Les publications du Québec sont citées en moyenne 29% plus que le niveau mondial plaçant le Québec au 5<sup>e</sup> rang national en termes d'impact scientifique sur la recherche. Le Québec est également au 5<sup>e</sup> rang en termes d'impact sur l'innovation, ayant toutefois un taux de publications citées dans les brevets 26% plus élevé que la moyenne attendue.

- Le Québec a un taux de collaboration international de 47%, le plaçant au 7<sup>e</sup> rang national. Cependant, le Québec a un taux de collaboration entre les secteurs public et privé parmi les plus élevés au pays (11.8%, au 3<sup>e</sup> rang). Finalement, au niveau de la recherche multidisciplinaire, le Québec se retrouve au 7<sup>e</sup> rang, mais entreprend néanmoins des recherches légèrement plus multidisciplinaires que l'Ontario, ou même que la moyenne nationale et mondiale.

Parmi les **thèmes de recherche** sur les matériaux avancés les plus concentrés ou les plus émergents au Québec, on observe une activité notable dans les nano/métamatériaux tels que le graphène, les nanoparticules, les nanotubes et les plasmons, ainsi que dans les composites tels que les polymères et le béton. En parallèle, les travaux de recherche au Québec sont axés sur le développement de procédés et d'applications exploitant les matériaux avancés. Ceux-ci incluent la filtration, l'isolation, les antennes et la technologie quantique, ainsi que les technologies pour le développement d'énergie propre et renouvelable.

### Objectifs de développement durable de l'ONU, collaboration intersectorielle et multidisciplinaire

Une bonne proportion des publications scientifiques dans le domaine des matériaux avancés s'aligne avec les différents objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU.

**Proportion de publications** : au niveau mondial, les publications recouvrent principalement l'objectif 7 (Énergie propre et abordable) avec 12.3% de publications, suivi par l'objectif 3 (Bonne santé et bien-être, 4.5%), l'objectif 6 (Eau propre et assainissement, 2%) et l'objectif 13 (Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques, 1.3%). Cette distribution est généralement représentative de l'apport scientifique de la recherche sur les matériaux avancés du Canada et des provinces pour les ODDs.

**Collaboration intersectorielle** : parmi ces ODDs, les publications canadiennes relevant de l'objectif 7 sont celles impliquant le plus haut taux de collaboration entre les secteurs public et le privé (13.8% des publications). Cette proportion est plus élevée que celle au niveau mondial (7.9%) ou des États-Unis (11%). Au niveau des publications du Québec, cette proportion atteint 19.5%. Étant donné l'importance de ce type de collaboration dans la valorisation des connaissances en innovation, ce résultat est prometteur pour le développement économique lié aux énergies propres du Québec et du Canada.

**Collaboration multidisciplinaire** : les publications relevant de l'objectif 7 sont parmi les moins multidisciplinaires. Les publications les plus multidisciplinaires couvrent principalement l'objectif 3.

## L'innovation sur les matériaux avancés

### Aperçu général de la performance du Canada et du Québec en termes d'innovation sur les matériaux avancés

Le Canada compte 10 131 familles de brevets dans le domaine général des matériaux avancés (Tableau I). Ceci inclut 2 130 demandes de brevet pour le Québec.

Le Canada ainsi que le Québec ont enregistré une augmentation du nombre de familles de brevets depuis 2003 (RC > 1), à la fois dans le domaine général des matériaux avancés, avec une croissance de 35%, que dans chacun des sous-domaines examinés. Cette croissance suit dans bien des cas la tendance mondiale, alors que dans d'autres elle est nettement plus rapide que celle du monde (RC relatif > 1).

Ni le Canada ni le Québec n'est spécialisé en matière d'innovation dans le domaine général des matériaux avancés. Cependant, une certaine spécialisation est observée dans quelques sous-domaines spécifiques (IS > 1).

Tableau I Performance du Canada et du Québec en termes d'innovation sur les matériaux avancés (2003–2020)

Domaine et sous-domaines	Canada				Québec			
	Familles de brevets	RC	RC relatif	IS	Familles de brevets	RC	RC relatif	IS
<b>Matériaux avancés</b>	<b>10 131</b>	<b>1.35</b>	<b>0.97</b>	<b>0.79</b>	<b>2 130</b>	<b>1.54</b>	<b>1.11</b>	<b>0.94</b>
Nanomatériaux	1 595	1.32	0.97	0.88	331	1.45	1.07	1.03
Composites, céramiques et polymères	1 470	1.41	1.06	0.66	326	1.94	1.46	0.82
Semi-conducteurs	1 238	1.23	1.17	0.58	248	1.61	1.53	0.65
Énergie	1 184	1.00	0.65	0.65	270	1.05	0.68	0.83
Environnement	1 049	1.23	0.90	1.28	186	1.04	0.76	1.28
Systèmes optiques	890	1.24	1.09	1.1	206	1.48	1.30	1.44
Instrumentation	889	1.30	1.06	0.95	198	1.61	1.31	1.2
Traitement de surface	670	1.01	0.88	0.68	148	1.31	1.14	0.85
Impression 3D	537	6.67	0.97	0.89	113	4.38	0.64	1.06
Métaux	532	1.30	0.81	0.73	129	1.8	1.12	1
Électronique imprimable/flexible	492	2.22	1.00	0.66	100	3.76	1.69	0.76
Extraction et traitement des minéraux	442	1.19	1.03	1.99	117	1.92	1.67	2.99
Construction	329	1.51	1.32	1.47	51	1.13	0.99	1.29
Transport	322	1.80	0.88	0.6	54	2.38	1.17	0.57
Métamatériaux	132	1.54	1.01	1.34	34	3.86	2.54	1.94
Matériaux et informatique	38	37.00	3.50	1.47	4	s.o.	s.o.	0.88

Note : Les couleurs associées aux sous-domaines illustrent les différentes dimensions de l'innovation: types de matériaux (orange), domaines d'application (jaune) et procédés (bleu). Le RC relatif est le RC de l'entité divisé par le RC du monde, dans chaque domaine. Des valeurs au-dessus de 1 indiquent une croissance plus rapide que la tendance mondiale. La coloration indique l'intensité des indicateurs, partant de rouge (effet négatif) à blanc (effet neutre), puis à vert (effet positif).

Source : Préparé par Science-Metrix avec des données de l'OEB et de l'USPTO (Patstat, édition automne 2023)

Pour mieux visualiser les caractéristiques du Canada et du Québec en termes d'innovation dans le secteur des matériaux avancés, le graphique ci-dessous met l'emphase sur la croissance du nombre de familles de brevets (axe des x) en fonction de la spécialisation (axe des y) dans chaque sous-domaine.

Les sous-domaines représentés dans le quadrant supérieur droit sont ceux dans lesquels l'entité est spécialisée (indice de spécialisation >1) et affiche une tendance positive (ratio de croissance >1)

Les sous-domaines représentés dans le quadrant inférieur droit sont ceux dans lesquels l'entité est non spécialisée (indice de spécialisation <1), mais affiche une tendance positive (ratio de croissance >1)

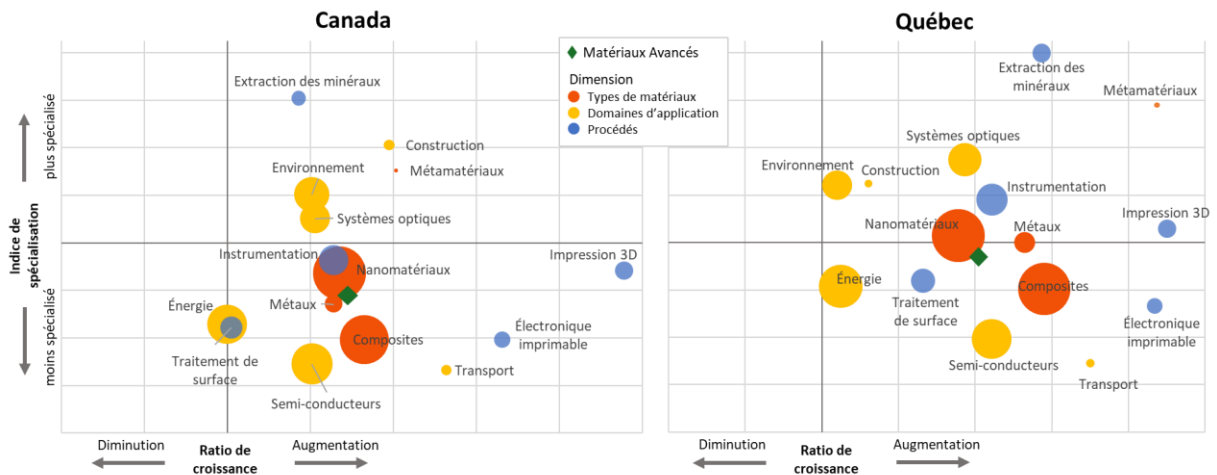


Figure 1 Ratio de croissance et spécialisation du Canada et du Québec dans les différents sous-domaines des matériaux avancés (2003–2020)

Note: Les axes des 2 graphiques sont à la même échelle, à part pour la taille des bulles qui représente le nombre de familles de brevets. Le sous-domaine « matériaux et informatique » n'est pas inclus dans la figure, étant donné le faible nombre de brevets.

Source : Préparé par Science-Metrix avec des données de l'OEB et de l'USPTO (Patstat, édition automne 2023)

- Parmi les sous-domaines présentés, le Canada est le plus spécialisé dans l'extraction et le traitement des minéraux, la construction, l'environnement, les systèmes optiques et les métamatériaux. Le Québec est aussi spécialisé dans ces mêmes sous-domaines, mais également dans le sous-domaine de l'instrumentation, et dans une moindre mesure, dans l'impression 3D et les nanomatériaux.
- La croissance du nombre de familles de brevets est positive dans tous les sous-domaines. Le Canada affiche la croissance la plus nette dans les sous-domaines de l'impression 3D, de l'électronique imprimable/flexible et dans les transports, mais n'est pas spécialisé dans ces sous-domaines. Le Québec affiche aussi une croissance importante dans ces sous-domaines. Il se démarque notamment dans les sous-domaines des minéraux et des métamatériaux avec une forte croissance et une spécialisation supérieure à la moyenne nationale.
- L'innovation dans les sous-domaines de l'énergie et du traitement de surface semble être moins dynamique au Canada et au Québec. En effet, ces 2 sous-domaines sont caractérisés à la fois par une faible spécialisation et par une croissance modérée.

## Performance relative du Canada et du Québec

Afin d'identifier plus précisément les forces et les défis du Canada et du Québec dans l'innovation sur les matériaux avancés, il est important de contextualiser leur performance en les comparant à d'autres acteurs clés dans chacun de ces sous-domaines. Ici, la performance et la position du Canada sont déterminées parmi les 15 pays les plus actifs en termes de volume absolu du nombre de familles de brevets. Similairement, la performance et la position du Québec sont comparées à celles des provinces canadiennes les plus peuplées (l'Ontario, la Colombie-Britannique et l'Alberta). Les autres provinces, bien que généralement actives au niveau de la recherche scientifique sur les matériaux avancés, ont une faible activité de brevetage dans ce domaine.

### L'innovation au Canada

Relativement aux autres pays, le Canada est bien établi dans le secteur minier, ce qui représente probablement à l'heure actuelle sa plus grande force en termes d'innovation dans le domaine des matériaux avancés.

Le pays présente aussi un potentiel dans d'autres sous-secteurs, particulièrement dans ceux où il est spécialisé et en croissance positive. Ceci inclut les sous-domaines de la construction, des métamatériaux, de l'environnement et des systèmes optiques.

Dans le sous-domaine de la construction, ainsi que dans le sous-domaine combinant matériaux et informatique, le Canada est très bien placé comparativement aux autres pays en termes de volume de familles de brevets, de spécialisation et de croissance. Cependant, relativement peu de brevets y sont développés à ce jour pour établir un constat rigoureux. Ceci est particulièrement le cas dans le sous-domaine « matériaux et informatique » qui associe une approche émergente au développement des matériaux. Toutefois, la forte croissance du Canada dans ces sous-domaines, combinée à la position mondiale du pays, augure un horizon productif et innovateur.

- En termes du nombre de familles de brevets, le Canada occupe la 9<sup>e</sup> place mondiale dans le domaine général des matériaux avancés (10 131 familles de brevets). Les États-Unis (181 021 familles), le Japon (122 202 familles) et l'Allemagne (49 485 familles) occupent les trois premières places du classement.
  - Le Canada se distingue particulièrement bien dans les sous-domaines de l'extraction et du traitement des minéraux (4<sup>e</sup> rang), de la construction (5<sup>e</sup>) et des matériaux et informatique (6<sup>e</sup>).
  - En revanche, le Canada se classe en bas du peloton de tête dans les sous-domaines des métaux (12<sup>e</sup>) et des composites, céramiques et polymères (13<sup>e</sup>).
- En ce qui concerne la croissance, le Canada se positionne au 5<sup>e</sup> rang mondial dans le domaine global des matériaux avancés.
  - Il atteint la 2<sup>e</sup> place mondiale en matériaux et informatique, ainsi que la 6<sup>e</sup> place dans les sous-domaines du transport, de la construction et des composites, céramiques et polymères.



- Dans les autres sous-domaines, le Canada se retrouve entre le 7<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> rang, sauf en énergie où il enregistre la croissance la plus faible parmi les 15 pays les plus actifs dans ce secteur.
- En termes de spécialisation, le Canada se classe avant dernier dans le domaine global des matériaux avancés (IS de 0.79).
  - Cependant, parmi le top 15, il se positionne comme le 2<sup>e</sup> pays le plus spécialisé dans le sous-domaine de l'environnement et le 3<sup>e</sup> en système optiques.
  - À l'inverse, le Canada compte parmi les pays les moins spécialisés du top 15, notamment dans les sous-domaines du traitement de surface, de la construction, des composites, céramiques et polymères, de l'énergie, des métaux et du transport.

## L'innovation au Québec

En considérant la performance relative entre provinces, le Québec occupe une position particulièrement favorable dans les sous-domaines des métamatériaux, des systèmes optiques, des métaux, de l'extraction minière et de l'instrumentation. Dans ces sous-domaines, le Québec se distingue en étant à la fois la province affichant la croissance la plus marquée, et en étant la province la plus spécialisée (à l'exception de l'extraction minière où le Québec se positionne en 2<sup>e</sup> place). Cette performance témoigne d'une spécialisation plus prononcée que la moyenne mondiale et canadienne.

Cependant, le Québec semble moins bien positionné en matière d'innovation dans les sous-domaines de l'environnement et de la construction. Il affiche à la fois la plus faible croissance et la plus faible spécialisation à l'échelle nationale.

- Le Québec occupe généralement la 2<sup>e</sup> place parmi les provinces les plus actives en matière d'innovation, à l'exception des sous-domaines de l'énergie, des semi-conducteurs, de l'environnement, de la construction et de l'informatique (Figure 2).
- En ce qui concerne la croissance, le Québec se distingue en affichant la croissance la plus marquée dans plusieurs sous-domaines, dépassant la moyenne nationale. Cependant, en impression 3D, en environnement et en construction, bien que la croissance au Québec soit positive, elle demeure la plus faible parmi les provinces sélectionnées.
- En termes de spécialisation, le Québec se classe 1<sup>e</sup> dans les domaines des métamatériaux, des systèmes optiques, des métaux et du traitement de surface. Il se classe 2<sup>e</sup> dans la plupart des autres sous-domaines, mais occupe la 3<sup>e</sup> place en environnement et en construction.

Nombre de familles de brevets

	Matériaux Avancés	Nanomatériaux	Composites	Syst. Optiques	Instrumentation	Traitement Surf. Métaux	Extract. minéraux	Impression 3D	Élec. Imprimable	Transport	Métamatériaux	Énergie	Semi-conducteurs	Environnement	Construction	Informatique	
<b>CAN</b>	<b>10,131</b>	<b>1 595</b>	<b>1 470</b>	<b>890</b>	<b>889</b>	<b>670</b>	<b>532</b>	<b>442</b>	<b>537</b>	<b>492</b>	<b>322</b>	<b>132</b>	<b>1184</b>	<b>1238</b>	<b>1049</b>	<b>329</b>	<b>38</b>
1	<b>ON</b> <b>(4 899)</b>	ON (846)	ON (774)	ON (559)	ON (366)	ON (329)	ON (305)	ON (159)	ON (331)	ON (267)	ON (195)	ON (88)	ON (450)	ON (627)	ON (421)	ON (112)	ON (17)
2	<b>QC</b> <b>(2 130)</b>	<b>QC</b> <b>(331)</b>	<b>QC</b> <b>(326)</b>	<b>QC</b> <b>(206)</b>	<b>QC</b> <b>(198)</b>	<b>QC</b> <b>(148)</b>	<b>QC</b> <b>(129)</b>	<b>QC</b> <b>(117)</b>	<b>QC</b> <b>(113)</b>	<b>QC</b> <b>(100)</b>	<b>QC</b> <b>(54)</b>	<b>QC</b> <b>(34)</b>	CB (316)	CB (276)	AL (209)	CB (61)	CB (17)
3	<b>CB</b> <b>(1 507)</b>	CB (218)	AL (220)	CB (68)	AL (150)	CB (79)	AL (28)	AL (92)	CB (66)	CB (78)	CB (27)	AL (13)	<b>QC</b> <b>(270)</b>	<b>QC</b> <b>(248)</b>	<b>QC</b> <b>(186)</b>	<b>QC</b> <b>(51)</b>	<b>QC</b> <b>(4)</b>
4	<b>AL</b> <b>(1 199)</b>	AL (180)	CB (114)	AL (63)	CB (133)	AL (73)	CB (27)	CB (59)	AL (25)	AL (37)	AL (23)	CB (6)	AL (92)	AL (92)	CB (184)	AL (39)	AL (4)

Ratio de croissance

	Matériaux Avancés	Métamatériaux	Extract. minéraux	Métaux	Semi-conducteurs	Instrumentation	Syst. Optiques	Traitement Surf. Élec. Imprimable	Transport	Composites	Nanomatériaux	Énergie	Informatique	Impression 3D	Construction	Environnement	
<b>CAN</b>	<b>1.35</b>	<b>1.54</b>	<b>1.19</b>	<b>1.3</b>	<b>1.23</b>	<b>1.3</b>	<b>1.24</b>	<b>1.01</b>	<b>2.22</b>	<b>1.8</b>	<b>1.41</b>	<b>1.32</b>	<b>1.00</b>	<b>37.0</b>	<b>6.67</b>	<b>1.51</b>	<b>1.23</b>
1	<b>QC</b> <b>(1.54)</b>	<b>QC</b> <b>(3.86)</b>	<b>QC</b> <b>(1.92)</b>	<b>QC</b> <b>(1.80)</b>	<b>QC</b> <b>(1.61)</b>	<b>QC</b> <b>(1.61)</b>	<b>QC</b> <b>(1.48)</b>	<b>QC</b> <b>(1.31)</b>	AL (4.29)	AL (3.60)	AL (2.14)	CB (1.87)	AL (1.19)	ON (16.00)	CB (8.43)	ON (1.67)	CB (1.88)
2	<b>AL</b> <b>(1.45)</b>	AL (3.33)	CB (1.11)	CB (1.45)	CB (1.36)	ON (1.54)	ON (1.30)	ON (1.07)	<b>QC</b> <b>(3.76)</b>	<b>QC</b> <b>(2.38)</b>	<b>QC</b> <b>(1.94)</b>	<b>QC</b> <b>(1.45)</b>	ON (1.10)	s.o.	ON (7.49)	AL (1.60)	AL (1.52)
3	<b>ON</b> <b>(1.37)</b>	ON (1.15)	ON (1.06)	ON (1.33)	ON (1.11)	AL (1.21)	CB (1.06)	CB (1.03)	CB (2.25)	ON (1.79)	ON (1.31)	AL (1.43)	<b>QC</b> <b>(1.05)</b>	s.o.	AL (7.33)	CB (1.54)	ON (1.19)
4	<b>CB</b> <b>(1.35)</b>	CB (1.00)	AL (1.04)	AL (0.87)	AL (1.04)	CB (0.99)	AL (0.80)	AL (0.87)	ON (1.84)	CB (1.45)	CB (1.19)	ON (1.16)	CB (0.83)	s.o.	<b>QC</b> <b>(4.38)</b>	<b>QC</b> <b>(1.13)</b>	<b>QC</b> <b>(1.04)</b>

Indice de spécialisation

	Matériaux Avancés	Métamatériaux	Syst. Optiques	Métaux	Traitement Surf. Élec. Imprimable	Transport	Composites	Élec. Imprimable	Semi-conducteurs	Environnement	Construction	Informatique					
<b>CAN</b>	<b>0.79</b>	<b>1.34</b>	<b>1.1</b>	<b>0.73</b>	<b>0.68</b>	<b>1.99</b>	<b>0.95</b>	<b>0.89</b>	<b>0.88</b>	<b>0.65</b>	<b>0.66</b>	<b>0.66</b>	<b>0.58</b>	<b>0.6</b>	<b>1.47</b>	<b>1.28</b>	<b>1.47</b>
1	<b>AL</b> <b>(1.02)</b>	<b>QC</b> <b>(1.94)</b>	<b>QC</b> <b>(1.44)</b>	<b>QC</b> <b>(1.00)</b>	<b>QC</b> <b>(0.85)</b>	AL (4.55)	AL (1.76)	ON (1.08)	AL (1.09)	CB (1.31)	AL (1.08)	CB (0.79)	CB (0.98)	ON (0.72)	CB (2.07)	AL (2.79)	CB (5.01)
2	<b>QC</b> <b>(0.94)</b>	ON (1.75)	ON (1.36)	ON (0.82)	AL (0.82)	<b>QC</b> <b>(2.99)</b>	<b>QC</b> <b>(1.20)</b>	<b>QC</b> <b>(1.06)</b>	<b>QC</b> <b>(1.03)</b>	<b>QC</b> <b>(0.83)</b>	<b>QC</b> <b>(0.82)</b>	<b>QC</b> <b>(0.76)</b>	<b>QC</b> <b>(0.65)</b>	<b>QC</b> <b>(0.57)</b>	AL (1.91)	CB (1.70)	AL (1.70)
3	<b>CB</b> <b>(0.89)</b>	AL (1.44)	AL (0.85)	AL (0.42)	ON (0.66)	CB (2.02)	CB (1.08)	CB (0.83)	ON (0.92)	AL (0.55)	ON (0.68)	ON (0.70)	ON (0.58)	AL (0.47)	<b>QC</b> <b>(1.29)</b>	<b>QC</b> <b>(1.28)</b>	ON (1.30)
4	<b>ON</b> <b>(0.75)</b>	CB (0.46)	CB (0.64)	CB (0.28)	CB (0.61)	ON (1.41)	ON (0.77)	AL (0.46)	CB (0.91)	ON (0.48)	CB (0.39)	AL (0.54)	AL (0.47)	CB (0.39)	ON (0.98)	ON (1.01)	<b>QC</b> <b>(0.88)</b>

Figure 2 Performance et position du Québec parmi les provinces les plus actives dans les différents sous-domaines des matériaux avancés (2003-2020)

Note : Les sous-domaines sont classés en fonction de la performance du Québec (orange) par rapport aux trois autres provinces les plus peuplées (l'Ontario, la Colombie-Britannique et l'Alberta). Les valeurs indiquées dans chaque cellule correspondent au score de l'indicateur.

Source : Préparé par Science-Metrix avec des données de l'OEB et de l'USPTO (Patstat, édition automne 2023)