

Science-Metrix

**Étude bibliométrique sur la
recherche sur les matériaux
avancés au Québec**
Rapport final



Étude bibliométrique sur la recherche sur les matériaux avancés au Québec **Rapport final**

Date:

8 novembre 2019

Soumis à:

Marie-Pierre Ippersiel
Présidente et directrice générale
Prima Québec

Par:



Science-Metrix Inc.

1335 Mont-Royal E. ■ Montréal ■ Québec ■ Canada ■ H2J 1Y6

1.514.495.6505 ■ 1.800.994.4761

info@science-metrix.com ■ www.science-metrix.com



Résumé

Cette étude a pour but de mesurer la position du Canada et du Québec au niveau de la recherche et de l'innovation dans le domaine des matériaux avancés. Elle permet de constater que le pays est fréquemment présent parmi les dix pays les plus inventifs des différents sous-domaines des matériaux avancés. Le Canada se retrouve au 9^{ème} rang mondial en termes d'inventivité et au 11^{ème} rang en termes de recherche scientifique au niveau du domaine général des matériaux avancés, sur la période 2003–2017, avec une force particulière dans le secteur minier où il prend le 4^{ème} rang mondial.

La croissance du pays dans les différentes sous-composantes du domaine suit généralement les tendances mondiales. Le flux net de propriété intellectuelle du pays est généralement négatif, ce qui signifie qu'une partie des inventions faites au pays sont possédées par des entités étrangères et que la situation contraire n'est pas assez fréquente pour contrebalancer les pertes. Au Canada, le cas le plus fréquent de transfert est celui d'une invention développée par au moins un inventeur canadien mais qui est ensuite possédée par une entreprise américaine. Finalement, le Canada n'est pas spécialisé dans le domaine général des matériaux avancés. Son indice de spécialisation est de 0.80, ce qui signifie que la proportion de nouvelles familles de brevets inventées au pays est inférieure de 20% à la même proportion à l'échelle du monde. Le pays est toutefois spécialisé dans quelques sous-champs des matériaux, notamment le secteur minier, le secteur des constructions et celui des métamatériaux.

L'inventivité dans le domaine des matériaux avancés au Canada est particulièrement concentrée dans quatre provinces : l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta. Les mêmes provinces sont aussi celles qui contribuent le plus à la littérature scientifique au pays. L'Ontario détient les plus hauts niveaux d'inventivité dans la totalité des 15 sous-domaines examinés, alors que le Québec est généralement la deuxième province en importance dans ces classements. La Colombie-Britannique est toutefois plus inventive que le Québec dans les domaines des constructions, de l'environnement, de l'énergie et des semi-conducteurs.

En tout et pour tout, le Canada démontre un potentiel plus clair dans une sélection de sous-domaines du champ des matériaux avancés, particulièrement dans les domaines émergents de l'impression 3D et des métamatériaux. Dans le domaine de l'optique, des inventeurs canadiens sont parmi les plus prolifiques du monde, une réussite certaine. Cependant, les acteurs canadiens semblent avoir de la difficulté à exploiter localement la PI qu'ils créent (comme dans plusieurs autres domaines par ailleurs), ce qui pourrait représenter une opportunité économique manquée. Finalement, le pays semble bien établi dans le secteur minier, qui représente probablement à l'heure actuelle sa plus grande force relative sur la scène globale de l'innovation en matériaux avancés.

Table des matières

Résumé	i
Table des matières	ii
Tableaux	iii
Acronymes	v
1 Introduction	1
2 Résultats.....	2
2.1 Exploration globale du champ des Matériaux avancés	3
2.1.1 Brevets.....	4
2.1.2 Publications scientifiques.....	7
2.2 Impression 3D	10
2.3 Électronique imprimable ou flexible.....	16
2.4 Transport.....	19
2.5 Énergies	22
2.6 Semi-conducteurs et composantes électroniques	25
2.7 Métaux	28
2.8 Composites, céramiques et polymères	30
2.9 Métamatériaux	32
2.10 Nanomatériaux	35
2.11 Constructions.....	38
2.12 Instrumentation	41
2.13 Systèmes optiques	43
2.14 Environnement	46
2.15 Traitement de surface	49
2.16 Extraction et traitement des minéraux.....	52
3 Conclusion	55
Annexe A - Données additionnelles.....	57
A.1 Tendances globales dans la publication de demandes de brevet	57
Annexe B - Méthodologie	58
B.1 Création des ensembles de données de brevets	58
B.2 Création de l'ensemble de données d'articles scientifiques.....	60
B.3 Identification des inventeurs les plus prolifiques.....	62
B.4 Identification des demandeurs les plus prolifiques	63
B.5 Identification des chercheurs et institutions les plus prolifiques.....	63
B.6 Attribution des brevets et des articles scientifiques à des provinces.....	64
Annexe C - Indicateurs.....	65
C.1 Indicateurs technométriques.....	65
C.2 Indicateurs bibliométriques	69

Tableaux

Tableau 1	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine général des matériaux avancés (2003–2017).....	5
Tableau 2	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine général des matériaux avancés (2003–2017).....	7
Tableau 3	Mesure de la production scientifique des 25 pays les plus actifs dans le domaine des matériaux avancés (2003–2017).....	9
Tableau 4	Mesure de la production scientifique des provinces canadiennes dans le domaine des matériaux avancés (2003–2017).....	10
Tableau 5	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017).....	12
Tableau 6	Le top 15 des inventeurs les plus prolifiques au niveau mondial dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017).....	13
Tableau 7	Le top 15 des demandeurs les plus prolifiques au niveau mondial dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017).....	14
Tableau 8	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017).....	16
Tableau 9	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'électronique imprimable ou flexible (2003–2017).....	18
Tableau 10	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'électronique imprimable ou flexible (2003–2017).....	19
Tableau 11	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des transports (2003–2017).....	21
Tableau 12	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des transports (2003–2017).....	22
Tableau 13	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'énergie (2003–2017).....	23
Tableau 14	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'énergie (2003–2017).....	25
Tableau 15	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des semi-conducteurs (2003–2017).....	26
Tableau 16	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des semi-conducteurs (2003–2017).....	27
Tableau 17	Mesure de l'inventivité des 15 pays les plus actifs dans le domaine des métaux (2003–2017).....	29
Tableau 18	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des métaux (2003–2017).....	30
Tableau 19	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des matériaux composites, céramiques et polymères (2003–2017).....	31
Tableau 20	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des matériaux composites, céramiques et polymères (2003–2017).....	32
Tableau 21	Mesure de l'inventivité des 10 pays les plus actifs dans le domaine des métamatériaux (2003–2017).....	33
Tableau 22	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des métamatériaux (2003–2017).....	35
Tableau 23	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des nanomatériaux (2003–2017).....	37
Tableau 24	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des nanomatériaux (2003–2017).....	38
Tableau 25	Mesure de l'inventivité des 15 pays les plus actifs dans le domaine des constructions (2003–2017).....	39

Tableau 26	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des constructions (2003–2017)	40
Tableau 27	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'instrumentation (2003–2017)	42
Tableau 28	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'instrumentation (2003–2017)	43
Tableau 29	Mesure de l'inventivité des 15 pays les plus actifs dans le domaine des systèmes optiques (2003–2017)	45
Tableau 30	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des systèmes optiques (2003–2017)	46
Tableau 31	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'environnement (2003–2017)	47
Tableau 32	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'environnement (2003–2017)	49
Tableau 33	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine du traitement de surface (2003–2017)	51
Tableau 34	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des traitements de surface (2003–2017).....	51
Tableau 35	Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'extraction et du traitement des minéraux (2003–2017).....	52
Tableau 36	Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'extraction et du traitement des minéraux (2003–2017).....	54
Tableau 37	Tendance globale dans le nombre de familles DOCDB	57

Acronymes

CPC	Cooperative Patent Classification Classification de brevets coopérative
DOCDB	EPO Document Database Base de données bibliographiques mondiale de l'OEB
OEB	Office européen des brevets (acronyme anglophone : EPO)
IS	Indice de spécialisation
PI	Propriété intellectuelle
RAS	Région administrative spéciale
RC	Ratio de croissance
USPTO	United States Patent and Trademark Office Bureau américain des brevets et des marques de commerce

1 Introduction

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 aux semi-conducteurs optimisés. De plus, de nouveaux champs de recherche et de développement – tel que la fabrication additive, pour ne fournir qu'un exemple – auront sans nul doute des effets majeurs sur le secteur manufacturier en général dans les années à venir.

La présente étude vise à fournir des données quantitatives sur la recherche dans le milieu des matériaux avancés au Québec. Pour ce faire, des données technométriques mesurant la production de demandes de brevet d'invention ont été compilées pour 15 sous-domaines du champ des matériaux avancés. De plus, un ensemble de données bibliométriques mesurant la production d'articles scientifiques révisés par les pairs a été créé au niveau du domaine général des matériaux avancés. Ces données donnent une indication des niveaux d'intensité de l'innovation et d'activité de recherche aux échelles mondiales, nationales et provinciales (dans le cas du Canada). Elles permettent par exemple de mieux situer l'innovation et la recherche canadienne et québécoise par rapport au reste du monde.

Dans un premier lieu, les résultats généraux, compilés à partir de ceux de tous les sous-domaines, seront analysés autant au niveau technométrique qu'au niveau bibliométrique. Ensuite, les quinze sous-domaines de recherche seront analysés individuellement afin d'arriver à des observations plus détaillées des situations mondiale, canadienne et québécoise dans ces domaines.

2 Résultats

Cette section présente les résultats les plus marquants de l'analyse portant sur l'innovation et la recherche dans le domaine des matériaux avancés. En premier lieu, un tour d'horizon général des données rassemblées sur tous les matériaux avancés est présenté. Par la suite, les 15 ensembles de données portant sur les sous-thématiques sélectionnées sont analysés plus en profondeur. Des versions abrégées des tableaux de résultats sont présentées dans chaque sous-section, mais leur contenu intégral est également accessible dans le recueil de données Excel accompagnant ce rapport. Comme ils sont identiques au contenu accessible dans le recueil de données, les tableaux concernant les inventeurs et les demandeurs de brevets les plus prolifiques au pays sont présentés seulement dans la section sur l'impression 3D. Le lecteur obtient ainsi un aperçu de leur contenu sans alourdir le rapport. Les résultats présentés dans la même série de tableaux pour les autres catégories sont tout de même discutés dans le rapport, mais le lecteur est invité à consulter le recueil de données pour en observer le contenu détaillé.

Il peut être bénéfique de définir brièvement¹ ici les indicateurs présents dans les tableaux de résultats qui seront présentés tout au long du rapport. Un premier ensemble d'indicateurs sont propres aux tableaux portant sur les brevets :

- **Familles de (demandes de) brevets** : Ce nombre est basé sur les familles de demandes de brevets DOCDB² contenant des demandes de brevets à l'USPTO et/ou à l'OEB. L'année d'attribution d'une famille correspond à l'année de soumission de la demande la plus ancienne de la famille. Le pays d'attribution est celui de l'inventeur. Dans le cas où une même famille rassemble des inventeurs de pays différents, la famille est comptée en entier pour tous les pays des inventeurs. Les familles ne contenant pas de brevet émis mais seulement des demandes sont comptabilisées à part entière pour cet indicateur.
- **Brevets actifs** : Ce nombre correspond à la quantité de brevets émis par l'USPTO qui étaient encore actifs lors de la collecte des données effectuée pour la plus récente édition de la base de données Patstat³. Ici, chaque brevet individuel est compté, même dans le cas où plusieurs brevets de retrouvent dans la même famille DOCDB. L'année d'attribution est encore une fois celle de la demande de brevet la plus ancienne de la famille DOCDB dont le brevet fait partie. L'analyse ne considère que les brevets résultants de demandes déposées à partir de 2003. Les brevets demandés avant cette date et toujours actifs entre 2003 et 2017 sont donc exclus de ces nombres.

¹ Des définitions plus détaillées sont présentées à l'Annexe C -, autant pour les indicateurs technométriques que les indicateurs bibliométriques.

² Les familles simples de brevets rassemblent sous un même identifiant DOCDB les brevets et demandes de brevets portant sur une seule et même invention. Formellement, une famille simple DOCDB associe les brevets qui partagent un certain nombre de numéros de priorité (pour une définition plus précise, voir : https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/patent-families/docdb_fr.html). Dans le cas présent, les familles sont analysées dans la perspective des demandes de brevets d'inventions plutôt que des brevets d'inventions délivrés. **Sauf indication contraire, le terme « famille de brevet » est utilisé pour désigner les familles simples de demandes de brevets DOCDB afin d'alléger le texte.**

³ La documentation officielle de Patstat stipule que les données de l'édition printemps 2019 utilisée ici ont été extraites à la fin janvier 2019.

Un autre assemblage d'indicateurs est quant à lui utilisé autant dans les analyses technométriques que pour les analyses bibliométriques :

- **Flux de propriété intellectuelle (PI)** : Cet indicateur est une mesure du volume de propriété intellectuelle qui est gagnée ou perdue par un pays ou une région. Il est calculé à partir du nombre de familles de brevets énumérant des *inventeurs* du pays ou de la région d'intérêt et du nombre de familles de brevets énumérant des *demandeurs* du pays ou de la région. Si le premier nombre est inférieur au second, le flux sera négatif alors qu'il sera positif dans la situation inverse.
- **Ratio de croissance (RC)** : Cet indicateur donne une estimation de la croissance sur l'ensemble de la période 2003–2016. Il correspond au nombre de familles de brevets ou de publications scientifiques de la période 2010–2016 divisé par celui de 2003–2009. L'année 2017 est exclue de cette analyse car les données pour celle-ci sont encore incomplètes, ce qui fausserait l'estimation.
- **Indice de spécialisation (IS)** : Cet indicateur correspond à une mesure de la proportion des familles de brevets ou des articles scientifiques pour un pays ou une région et appartenant à un domaine donné, divisée par la même proportion au niveau mondial. Un indice supérieur à 1 indique que le pays ou la région est représenté à un niveau plus élevé que la moyenne globale par pays dans le domaine.

Finalement, les indicateurs suivants sont uniques aux analyses bibliométriques :

- **Nombre de publications** : Cet indicateur est un compte du nombre brut de publications scientifiques écrites par une entité donnée. Il s'agit comme pour les brevets d'un nombre compté en comptage entier, ce qui signifie que dans les cas d'un article écrit en collaboration internationale, chaque pays se voit attribué un compte de 1 pour l'article. Tous les types de publications revues par les pairs sont comptabilisés.
- **Taux de collaboration internationale (TCI)** : Cet indicateur représente la proportion d'articles d'une entité qui a fait l'objet d'une collaboration avec un autre pays. Cela est déterminé en utilisant les adresses fournies par les auteurs des publications.
- **Moyenne des citations relatives (MCR)** : Cet indicateur est une mesure d'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 inférieure à 1 indique une moyenne de citations relatives inférieure à celle du monde, alors qu'une MCR supérieure à 1 indique une moyenne de citations relatives supérieure à celle du monde.

2.1 Exploration globale du champ des Matériaux avancés

Afin d'obtenir une idée générale du niveau d'inventivité et de recherche dans le domaine des matériaux avancés, des ensembles de données globaux de brevets et de publications scientifiques ont été assemblés. L'ensemble de brevets correspond simplement à l'union des 15 sous-ensembles qui seront présentés individuellement par la suite. Pour ce qui est des publications scientifiques, seul un ensemble global a été créé (voir l'annexe B.2).

2.1.1 Brevets

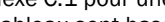
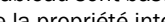
Les matériaux avancés sont d'un intérêt primordial pour plusieurs domaines d'activité, du développement de puces semiconductrices qui permettent l'amélioration continue de nos ordinateurs jusqu'aux nouveaux alliages permettant l'allègement des véhicules. Il n'est donc pas étonnant de constater que le nombre d'inventions dans le domaine global est élevé, constitué de 385,449 nouvelles familles de brevets présentées à l'USPTO ou à l'OEB entre 2003 et 2017 (Tableau 1). Conceptuellement, chacune de ces familles correspond à une nouvelle invention distincte. Les pays qui sont les plus inventifs dans le domaine, pour la période totale, sont les États-Unis (141,044 familles de brevet), le Japon (94,018) et l'Allemagne (37,952). La position des États-Unis au premier rang n'est pas entièrement surprenante. L'office de brevet des États-Unis, l'USPTO, est l'un des deux offices de brevets dont les données ont été utilisées pour compiler les statistiques, ce qui confère un avantage au pays. La performance des États-Unis est tout de même largement supérieure à celle du Japon, ce qui pourrait indiquer qu'ils resteraient en première place même si le biais décrit avait pu être contrôlé. Le Canada se place quant à lui en 9^{ème} place en termes de nombres de familles de brevets.

Un aspect intéressant est que si le classement avait été effectué en fonction du nombre de brevets toujours actifs à l'USPTO et non pas du nombre total de familles de brevets, la République de Corée⁴ aurait remplacé l'Allemagne en troisième place (17,456 brevets actifs contre 13,895). Toutefois, en consultant la table complète dans le recueil de données accompagnant ce rapport, il est observé que la République de Corée a aussi un nombre plus élevé d'applications à l'USPTO (34,820) que l'Allemagne (29,992) pour la période 2003–2017. Cela indique donc que la différence ne se situe pas au plan d'un taux d'acceptation de brevets à l'USPTO beaucoup plus élevé pour la République de Corée que pour l'Allemagne. Elle s'explique plutôt par des pratiques de soumission divergentes. L'Allemagne présente naturellement une bonne partie de ses brevets à l'OEB alors que la République de Corée semble présenter davantage de ses demandes à l'USPTO. Dans ce classement alternatif, le Canada se placerait toujours à la 9^{ème} place.

L'inventivité dans le domaine des matériaux avancés est en hausse, telle qu'on peut la mesurer par le nombre de familles de brevets présentées à l'USPTO ou à l'EOB. En effet, on remarque (Tableau 1) qu'entre les périodes 2010–2016 et 2003–2009, le ratio de croissance (RC) dans le domaine est de 1.23. Cela est 14% supérieur au ratio de croissance mesurable pour ces deux mêmes offices au niveau global de tous les enregistrements (1.08, voir l'annexe A.1). Parmi les 25 pays les plus actifs du domaine pour la période 2003–2017, l'Arabie saoudite (9.70), la Chine (3.51) et l'Inde (2.03) sont les pays qui ont les plus hauts RC, avec des augmentations très marquées. Il est d'ailleurs probable qu'ils surpassent dans les prochaines années plusieurs puissances actuelles en termes de productivité. La Russie (1.03), la Norvège (0.96) et l'Australie (0.94) sont les pays qui ont les RC les plus bas, mais comme ceux-ci sont très près d'un ratio nul de 1.00, cela indiquant que leur niveau d'inventivité est plutôt constant que négatif. Le Canada a un ratio de croissance pratiquement égal à celui du monde (1.22), ce qui le place au 15^{ème} rang sur les 25 pays examinés, en termes de croissance.

⁴ « République de Corée » est le nom officiel de la Corée du Sud

Tableau 1 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine général des matériaux avancés (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		385,499	214,709	1.23	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		141,044	95,118	1.11	0.02	0.87
Japon		94,018	50,680	1.12	0.00	1.38
Allemagne		37,952	13,895	1.15	-0.02	1.03
Rép. de Corée		31,863	17,456	1.65	0.00	1.42
Taiwan		15,734	8,625	1.28	0.06	0.84
France		14,108	5,921	1.33	-0.02	1.04
Chine		13,447	6,899	3.51	-0.07	0.94
Royaume-Uni		9,988	5,077	1.27	-0.02	0.87
Canada		7,762	4,493	1.22	-0.14	0.80
Italie		5,661	2,181	1.24	-0.11	0.85
Pays-Bas		5,605	2,440	1.12	0.24	1.00
Suisse		5,422	2,258	1.13	0.32	1.00
Belgique		4,009	1,898	1.20	-0.14	1.46
Autriche		3,306	1,302	1.47	-0.07	1.12
Suède		2,934	1,383	1.03	-0.06	0.69
Inde		2,582	1,282	2.03	-0.37	0.52
Israël		2,524	1,511	1.35	-0.10	0.58
Espagne		2,400	706	1.73	-0.18	1.04
Australie		2,286	1,107	0.94	-0.08	0.83
Finlande		2,036	960	1.52	0.05	0.81
Singapour		1,989	1,068	1.45	0.14	1.35
Danemark		1,606	731	1.50	-0.06	0.84
Russie		1,078	473	1.03	-0.27	1.17
Arabie saoudite		1,014	695	9.70	0.04	2.53
Norvège		800	373	0.96	-0.05	0.82

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Le flux de propriété intellectuelle peut nous en apprendre plus sur les interrelations qui existent entre les pays actifs dans le domaine. On remarque que seulement trois pays du top 25 ont un flux de PI amplement positif : la Suisse (0.32), les Pays-Bas (0.24) et Singapour (0.14). Dans le cas de la Suisse, ces transferts proviennent principalement de l'Allemagne, de la France et des États-Unis (voir le recueil de données), tandis que pour les Pays-Bas et Singapour, la majorité des gains de PI sont en provenance des États-Unis. Les trois pays avec les flux négatifs les plus prononcés sont l'Inde (-0.37), la Russie (-0.27) et l'Espagne (-0.18). Dans les trois cas, les transferts sont majoritairement effectués en direction des États-Unis. Dans la plupart des cas, il est possible d'identifier la source de ces transferts à des entreprises américaines qui ont des centres de recherche et de développement à l'étranger. Le Canada enregistre un des flux de PI négatif les plus accentués du top 25 (-0.21), ce qui le place au 21^{ème} rang. Les États-Unis sont encore une fois les receveurs principaux de ces transferts, avec 1,656 familles de brevets inventées au Canada mais déposées par des demandeurs américains. La Xerox Corporation est la compagnie qui contribue le plus à ces transferts, avec 402 familles de brevets. Les transferts dans la direction inverse existent aussi, mais

sont environ 4 fois plus rares, avec seulement 410 familles inventées aux États-Unis puis déposées par des entités canadiennes.

Finalement, l'indice de spécialisation nous apprend que les matériaux avancés en général font l'objet d'une concentration d'inventivité plus élevée que la moyenne pour l'Arabie Saoudite (2.53), la Belgique (1.46), la République de Corée (1.42), le Japon (1.38) et Singapour (1.35). La situation est particulièrement remarquable dans le cas de la République de Corée et du Japon, qui ont simultanément des nombres totaux élevés de familles de brevets. Les nations les moins spécialisées dans le domaine sont l'Inde (0.52), Israël (0.58), la Suède (0.69) et le Canada (0.80). Le IS du Canada est resté constant lors de toute la période (0.79 pour 2003-2009, 0.80 pour 2010-2016) tandis qu'en général des diminutions sont observées pour les autres pays dont les SI sont faibles.

Il est alors possible de conclure qu'au niveau de l'inventivité telle qu'elle est mesurée par les brevets, le domaine des matériaux avancés pris dans son ensemble ne compte pas actuellement parmi les forces du Canada. Le niveau d'activité des inventeurs canadiens est similaire à celle de plusieurs pays européens, comme le Royaume-Uni et l'Italie, mais reste tout de même loin du niveau atteint par les États-Unis ou le Japon. De plus, le fait que le flux de PI du Canada se retrouve parmi les plus négatifs est un signe que l'innovation qui est réalisée au pays est en partie possédée par des entités étrangères, sans autre gain majeur pour qui viendrait compenser pour cette perte. Cette évaluation ne s'appliquera pas, cependant, à tous les sous-domaines du champ des matériaux avancés.

Il peut maintenant être intéressant de se pencher sur une analyse de la situation au niveau des provinces canadiennes. On remarque (Tableau 2) que l'Ontario (3,699 familles), le Québec (1,535 familles), la Colombie-Britannique (1,113 familles) et l'Alberta (914 familles) sont les provinces les plus actives au pays dans le domaine. Notons aussi au passage que la catégorie « *Inconnu/Territoire* » est associée à un grand nombre de familles de brevets car, dès qu'une seule adresse est manquante ou indéterminée dans une famille, la famille en question est comptée dans cette catégorie. Proportionnellement, cela ne devrait pas affecter une province plus qu'une autre, et la plupart de ces familles sont simultanément comptabilisées dans une ou plusieurs provinces.

Parmi les provinces les plus actives, l'Alberta et le Québec sont celles qui ont les taux de croissance les plus élevés, avec 1.38 et 1.34, respectivement, ce qui est plus élevé que les moyennes canadiennes et mondiales rapportées plus haut.

Aucune des provinces les plus actives dans le domaine n'a un flux de PI positif⁵. Ceux du Québec (-0.08) et de la Colombie-Britannique (-0.09) sont toutefois les plus élevés, et indiquent que les nombre de familles inventées et déposées par des entités de ces provinces sont environ les mêmes. Dans le cas de l'Ontario (-0.16) et de l'Alberta (-0.21), il y a une perte de PI plus marquée.

Finalement, aucune des provinces, mis à part la Nouvelle-Écosse (IS 1.40), n'est particulièrement spécialisée dans le domaine, ce qui n'étonne pas, considérant l'indice de spécialisation global du pays.

⁵ Dans le cas d'une province, le flux de PI est défini à l'échelle de la province et non pas du pays. Ainsi, un transfert entre différentes provinces contribuerait au flux de PI.

Tableau 2 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine général des matériaux avancés (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		385,499	214,709	1.23	0.00	1.00
Amériques		148,201	99,017	1.12	0.02	0.86
Canada		7,762	4,493	1.22	-0.14	0.80
Alberta		914	536	1.38	-0.21	1.01
Colombie-Britannique		1,113	714	1.16	-0.09	0.89
Île-du-Prince-Édouard		7	3	1.33	0.00	0.68
Manitoba		146	77	1.07	-0.19	0.98
Nouveau-Brunswick		59	30	0.68	-0.22	0.97
Nouvelle-Écosse		117	42	1.51	-0.40	1.40
Ontario		3,699	2,196	1.29	-0.16	0.73
Québec		1,535	780	1.34	-0.08	0.97
Saskatchewan		59	38	1.27	-0.07	0.46
Terre-Neuve-et-Labrador		10	2	3.50	-0.40	0.48
Inconnu/Territoire		1,861	991	0.88	-0.26	0.78

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.1.2 Publications scientifiques

Les brevets ne donnent pas à eux seuls une idée globale de la performance des pays au niveau de la recherche sur les matériaux avancés. En effet, une bonne partie de la recherche, au lieu de résulter en une demande de brevet, résulte en une publication scientifique. Les statistiques que l'on peut compiler au niveau des publications scientifiques capturent des composantes du processus d'innovation distincts de ceux associés aux brevets. Par exemple, en s'intéressant uniquement au nombre de publications scientifiques produites par pays pour la période 2003–2017, il est possible de constater que la Chine prend la première place du classement mondial, avec 573,514 publications (Tableau 3). Cette situation contraste fortement avec sa 7^{ème} place au niveau des demandes de brevets. Bien sûr, une partie de cette différence peut être expliquée par le fait que les brevets seulement demandés à l'office de brevet national de la Chine ne sont pas inclus dans les statistiques de brevets, mais cela demeure une observation intéressante. On retrouve cependant par la suite un ordre très similaire à celui des brevets (Tableau 1), avec notamment les États-Unis, le Japon et l'Allemagne, les trois pays les plus inventifs, en 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} place du classement. Le Canada occupe quant à lui la 11^{ème} place de ce classement, avec 65,791 publications.

La croissance dans le domaine est plutôt rapide, avec un ratio de croissance mondial de 1.78 entre 2003–2009 et 2010–2016. Parmi les pays du top 25, la Malaisie (6.46), l'Iran (5.93), l'Inde (3.15) et la Chine (2.56) sont ceux qui ont les plus hauts taux de croissance, ce qui laisse présager que ces pays pourraient grimper au classement dans les prochaines années. Aucun pays n'a vu de baisse de sa production scientifique dans le domaine durant la période. Cependant, le Japon enregistre un RC beaucoup plus faible que la moyenne, avec 1.07, ce qui démontre un niveau de production plutôt stable depuis 2003. Parmi les

pays du top 25, les États-Unis sont le prochain pays avec le plus faible, avec un score de 1.40, ce qui représente tout de même une croissance appréciable. Le RC du Canada (1.61) le place à la 17^{ème} position parmi les pays les plus productifs en termes de croissance.

En termes d'impact scientifique des publications produites, un indicateur pouvant donner une idée générale de la situation est la moyenne des citations relatives. Cet indicateur mesure le nombre de citations reçues par les articles scientifiques d'un pays par rapport à la moyenne obtenue pour l'ensemble des articles publiés dans la même année et dans le même champ de recherche. Dans cette catégorie, Singapour (1.56), la Suisse (1.51), les États-Unis et les Pays-Bas (1.45) sont les pays les mieux positionnés avec des articles cités davantage par environ 50% que la moyenne mondiale dans le domaine. Parmi ces pays, seul Singapour est spécialisé dans le domaine, avec un IS de 2.03. En fait, seul Singapour, Hong Kong et l'Iran sont à la fois spécialisés dans le domaine et ont des MCR plus élevés que la moyenne mondiale. La Chine, qui est le pays le plus productif, a quant à elle une MCR de 0.93, légèrement sous la moyenne mondiale, ce qui la place au 17^{ème} rang parmi les pays les plus productifs dans le domaine. Parmi ceux-ci, les pays qui ont les plus bas MCR sont la Russie (0.49), la Pologne (0.70) et le Brésil (0.81). Le Canada a quant à lui un MCR de 1.25, ce qui le place au 9^{ème} rang sur cette dimension.

Singapour (IS 2.03), l'Iran (IS 1.84) et la République de Corée (IS 1.83) sont les trois pays les plus spécialisés du domaine. Singapour et la République de Corée sont aussi parmi les plus spécialisés au niveau des brevets. L'Iran a aussi un IS élevé au niveau des brevets (2.83) mais n'est tout de même pas très actif dans le domaine (213 familles d'applications pour la période 2003–2017). Une observation intéressante est que la Belgique, qui était parmi les pays les plus spécialisés au niveau des brevets se retrouve ici au 15^{ème} rang, avec un indice de 0.81, ce qui est sous la moyenne mondiale. Il y aurait donc une activité de brevetage accrue au niveau des matériaux en Belgique sans que la même situation se produise en recherche scientifique menant à des articles. Le Canada n'est pas spécialisé dans le domaine, avec un IS de 0.71, ce qui le place au 21^{ème} rang seulement.

Tableau 3 Mesure de la production scientifique des 25 pays les plus actifs dans le domaine des matériaux avancés (2003–2017)

Région/Pays	Tendance	Nombre de publications	Ratio de croissance	Taux de collaboration internationale	Moyenne des citations relatives	Indice de spécialisation
Monde		2,373,672	1.78	0.21	1.00	1.00
Chine		573,514	2.56	0.18	0.93	1.35
États-Unis d'Amérique		481,919	1.40	0.35	1.45	0.76
Japon		189,732	1.07	0.26	0.85	1.27
Allemagne		161,371	1.51	0.52	1.18	0.97
Rép. de Corée		125,673	1.93	0.29	0.99	1.83
Inde		125,518	3.15	0.22	0.91	1.36
Royaume-Uni		109,619	1.54	0.57	1.32	0.60
France		108,268	1.49	0.56	1.08	0.88
Italie		78,492	1.74	0.47	1.08	0.81
Russie		78,014	1.63	0.35	0.49	1.29
Canada		65,791	1.61	0.46	1.25	0.71
Espagne		65,214	1.95	0.53	1.15	0.77
Taiwan		60,752	1.59	0.18	0.84	1.54
Iran		58,530	5.93	0.18	1.02	1.84
Australie		52,431	2.23	0.57	1.39	0.66
Pologne		39,020	1.71	0.39	0.70	0.95
Brésil		38,388	1.91	0.33	0.81	0.64
Suisse		35,741	1.55	0.64	1.51	0.96
Singapour		33,841	2.09	0.53	1.56	2.03
Pays-Bas		31,256	1.52	0.60	1.45	0.57
Turquie		28,178	2.42	0.28	0.92	0.76
Suède		27,050	1.75	0.63	1.19	0.73
Malaisie		24,501	6.46	0.38	0.92	1.49
Belgique		24,326	1.67	0.64	1.29	0.81
RAS Hong Kong		21,416	1.76	0.27	1.42	1.11

Note: Voir l'annexe C.2 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Tous les indicateurs reposant sur des nombres d'articles sont comptabilisés en utilisant la méthode du comptage entier mis à part l'indice de spécialisation pour éviter d'affecter incorrectement les valeurs dans le cas de pays avec une majorité d'articles écrits en collaboration internationale. Les graphiques de tendance n'ont pas la même échelle pour chaque ligne. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de Scopus (Elsevier)

Au niveau des provinces canadiennes (Tableau 4), la situation est assez similaire à celle des brevets, avec encore une fois l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta menant le classement du volume de productivité. Seule la Saskatchewan a un ratio de croissance supérieur à celui du monde, avec 2.09. Le Québec a quant à lui un RC de 1.65, ce qui le place au 5^{ème} rang des provinces canadiennes, très près de la moyenne canadienne. La Saskatchewan est aussi la province ayant la MCR la plus élevée (1.44), en avant de la Colombie-Britannique (1.33) et du Québec (1.29). Seul Terre-Neuve-et-Labrador (0.96) et l'Île du Prince Édouard (0.81) ont des MCR sous la moyenne mondiale. Aucune province canadienne n'est spécialisée dans le domaine. Le Québec est toutefois la province la plus spécialisée, avec un IS de 0.83. Celui de l'Ontario est pratiquement identique, avec 0.77.

La performance du Canada relativement aux autres pays sur le plan de la recherche menant à des publications scientifiques est assez similaire à sa performance au sur le plan de vue de la recherche menant à des brevets, dans le domaine global des matériaux avancés.

Tableau 4 Mesure de la production scientifique des provinces canadiennes dans le domaine des matériaux avancés (2003–2017)

Région/Pays/Province	Tendance	Ratio de croissance	Nombre de publications	Taux de collaboration internationale	Moyenne des citations relatives	Indice de spécialisation
Monde		1.78	2,373,672	0.21	1.00	1.00
Amériques		1.46	599,794	0.34	1.34	0.74
Canada		1.61	65,791	0.46	1.25	0.71
Alberta		1.71	7,292	0.41	1.16	0.67
Colombie-Britannique		1.64	8,028	0.48	1.33	0.62
Île-du-Prince-Édouard		1.18	70	0.33	0.81	0.34
Manitoba		1.72	1,468	0.46	1.02	0.50
Nouveau-Brunswick		1.15	916	0.51	1.27	0.65
Nouvelle-Écosse		1.70	1,478	0.49	1.26	0.46
Ontario		1.57	32,243	0.45	1.27	0.77
Québec		1.65	16,406	0.43	1.29	0.83
Saskatchewan		2.09	1,832	0.56	1.44	0.53
Terre-Neuve-et-Labrador		1.46	465	0.42	0.96	0.43
Inconnu/Territoire		0.98	2,150	0.35	1.14	0.35

Note: Voir l'annexe C.2 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Tous les indicateurs reposant sur des nombres d'articles sont comptabilisés en utilisant la méthode du comptage entier mis à part l'indice de spécialisation pour éviter d'affecter incorrectement les valeurs dans le cas de pays avec une majorité d'articles écrits en collaboration internationale. Les graphiques de tendance n'ont pas la même échelle pour chaque ligne. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de Scopus (Elsevier)

Pour terminer cette section, il peut être intéressant de se pencher sur les organisations québécoises qui publient régulièrement dans le domaine (voir le recueil de données). On peut ainsi constater que la majorité de l'activité de publication provient des universités, avec notamment l'Université McGill (4,537 publications), l'Université de Montréal⁶ (3,541 publications), l'Université Laval (2,180 publications) et l'Université de Sherbrooke (1,658 publications) en tête du classement. L'INRS-EMT, l'Université Concordia, l'École de Technologie Supérieure et l'Université du Québec à Montréal sont les autres universités qui font partie du top 10 des institutions québécoises. Les deux autres institutions qui complètent le classement ne sont pas des établissements d'enseignement, soit le Conseil national de recherches du Canada (6^{ème} place, 977 publications⁷) et Hydro-Québec (10^{ème} place, 492 publications).

Les 20 chercheurs les plus actifs de la province sont tous affiliés à l'une de ces institutions. On retrouve en effet dans cette liste 7 chercheurs affiliés à l'Université McGill, 4 à Polytechnique Montréal, 3 à l'INRS-EMT, 2 à l'Université de Sherbrooke, 2 à l'Université Laval, 1 à l'Université Concordia et 1 à Hydro-Québec.

2.2 Impression 3D

Le domaine de l'impression 3D, aussi appelé fabrication additive, est l'un des sous-domaines des matériaux avancés qui a le plus d'applications pratiques potentielles. Les activités de développement dans

⁶ Son nombre d'articles inclut ceux de Polytechnique Montréal

⁷ Cela ne compte que les publications où l'adresse utilisée est située au Québec.

ce sous-domaine y sont par ailleurs de plus en plus importantes. L'ensemble de données sur les brevets d'invention portant sur l'impression 3D qui a été établi dans le cadre de ce projet reflète bien ces deux constats.

Tout d'abord, le jeu de données porte autant sur les brevets touchant aux matériaux de base utilisés en impression 3D que sur les multiples applications potentielles de la fabrication additive⁸, en passant par les procédés de fabrication 3D.

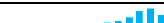
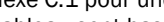
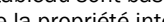
Par ailleurs, les données présentées dans le Tableau 5 montrent une très forte augmentation dans le nombre de familles de demandes de brevet⁹ déposées à l'USPTO et à l'OEB dans les dernières années : le ratio de croissance mondiale entre 2003–2009 et 2010–2016 est de 3.22, soit environ 3 fois plus élevé que la croissance moyenne mondiale (1.08, voir §A.1) tous domaines confondus (c'est-à-dire pour l'ensemble des familles de brevets dans l'USPTO et l'OEB). Dans certains pays, la croissance est encore plus marquée. C'est le cas par exemple de l'Espagne, qui voit sa croissance augmenter d'un facteur de 25.9 entre les périodes 2003–2009 et 2010–2016. Cette augmentation impressionnante doit cependant être contrastée avec le petit nombre de familles de brevets de l'Espagne (198) en comparaison avec les pays les plus inventifs du domaine. Le ratio de croissance du Canada (4.39), qui est 36% supérieur à celui du monde en impression 3D, le place au neuvième rang des pays du top 25 en termes de croissance.

Le développement technologique en fabrication additive semble en fait concentré dans trois pays : les États-Unis, l'Allemagne et le Japon. Les États-Unis se démarquent particulièrement dans le domaine, alors qu'un individu Américain est cité comme inventeur dans 54% des nouvelles familles de brevets ayant été présentées à l'OEB et à l'USPTO depuis 2003. Notez cependant que les États-Unis bénéficient d'un biais en leur faveur puisqu'une des deux banques de données considérées est maintenue par l'office américain en charge de la régulation de la PI dans ce pays. L'utilisation des données de l'OEB, liées au marché européen, devrait néanmoins contrebalancer en partie ce biais.

Le Canada prend la septième place du classement avec 269 familles de brevets. Cette performance est notable considérant que le Canada n'est pas spécialisé dans le domaine. Son IS n'est que de 0.89 : le treizième rang en termes de spécialisation parmi les pays du top 25. Les pays ayant les plus hauts indices de spécialisation sont l'Espagne (2.78), la Belgique (1.65) et la Suisse (1.49).

⁸ Par exemple la production de prothèses conçues sur mesure en médecine.

Tableau 5 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		11,892	5,920	3.22	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		6,399	3,939	2.83	0.04	1.27
Allemagne		1,530	496	3.21	-0.02	1.34
Japon		1,173	385	3.24	0.01	0.56
Royaume-Uni		495	214	2.67	-0.14	1.39
Taiwan		370	137	10.08	0.02	0.64
France		324	118	4.29	-0.04	0.77
Canada		269	138	4.39	-0.36	0.89
Suisse		249	100	1.97	0.02	1.49
Rép. de Corée		224	73	4.71	-0.02	0.32
Chine		210	48	12.85	-0.06	0.48
Pays-Bas		201	65	3.13	0.26	1.17
Espagne		198	18	25.86	-0.71	2.78
Italie		155	48	4.67	-0.03	0.75
Israël		155	125	2.81	-0.08	1.15
Suède		140	77	3.06	-0.14	1.06
Belgique		140	65	3.06	-0.09	1.65
Australie		71	80	5.36	-0.17	0.84
Autriche		69	23	4.33	-0.13	0.75
Inde		66	23	7.67	-0.76	0.43
Danemark		62	46	1.54	0.00	1.05
Singapour		57	41	2.12	0.04	1.25
Irlande		41	22	1.73	0.02	1.36
Finlande		28	8	3.80	-0.29	0.36
Pologne		24	4	9.50	-0.38	1.28
Russie		24	16	4.25	-0.38	0.85

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Les pays les moins spécialisés du top 25 sont la Chine (0.48), l'Inde (0.43), la Finlande (0.36) et la République de Corée (0.32). Toutefois, ces trois pays ont des ratios de croissance plus élevés que la moyenne mondiale, ce qui laisse présager des changements quant à leurs niveaux de spécialisation dans les prochaines années. Il faut aussi porter une attention particulière au fait que les brevets comptabilisés ici proviennent seulement de l'USPTO et de l'OEB. Ceci pourrait entraîner un biais négatif envers les pays asiatiques, africains ou océaniques, qui pourraient avoir publié un nombre plus élevé de brevets dans leurs offices nationaux respectifs.

Une autre mesure intéressante est celle du flux net de propriété intellectuelle. Un flux positif pour un pays donné indique que plus de brevets sont déposés (et donc sous propriété) qu'inventés par des entités du pays et vice-versa dans le cas d'un flux négatif. Le Canada se place au 21^{ème} rang des pays du top 25 dans cette catégorie avec un flux de -0.36, ce qui signifie que plus d'un tiers des familles de brevets qui ont été inventées au pays sont possédées par des entités étrangères. Ces transferts se font en général vers les États-Unis (voir le recueil de données Excel), avec 125 familles listant au moins un inventeur canadien déposées par une entité américaine sans l'être aussi par une entité canadienne. L'entité américaine qui

contribue le plus à ces transferts est la Xerox Corporation, avec 61 familles de brevets nommant au moins un inventeur canadien. Les transferts de PI vers le Canada existent mais sont plus rares. Les États-Unis sont aussi la principale source de ceux-ci, mais seulement 16 familles sont inventées aux États-Unis et détenues au Canada. Deux pays ont des flux de PI beaucoup plus négatifs que la moyenne : l'Espagne (-0.71) et l'Inde (-0.76). Dans les deux cas, le transfert se fait aussi principalement en direction des États-Unis. Une observation intéressante est que, dans le cas de l'Espagne, la compagnie Hewlett-Packard est pratiquement l'unique responsable du flux négatif observé, avec 153 familles transférées. Les Pays-Bas sont le seul pays avec un flux de PI largement positif (0.26). La principale source de ces brevets sont les États-Unis, avec 74 familles transférées. Le faible flux de PI des États-Unis (0.04) peut sembler surprenant malgré le fait que le pays détient les droits de PI sur des inventions qu'il n'a pas inventées (425) plus de deux fois plus fréquemment qu'il ne cède les droits de PI sur ses propres inventions (184). Cela s'explique par le fait que la vaste majorité de leurs brevets sont à la fois inventés et déposés par des entités américaines, de telle sorte que les échanges de PI pour ce pays ont peu d'impact sur le flux net de sa PI.

Au niveau des 15 inventeurs les plus prolifiques au niveau mondial (Tableau 6), on retrouve 7 Américains, 4 Allemands, 2 Japonais, 1 Espagnol et 1 Canadien (au 14^{ème} rang). Cependant, il faut remarquer que l'inventeur canadien est affilié à la Xerox Corporation, qui est une entreprise américaine, ce qui contribue au flux de PI négatif pour le Canada. On peut aussi remarquer trois cas où le nombre de brevets actifs à l'USPTO d'un inventeur donné est beaucoup plus faible que son nombre total de familles de brevets (pour Hou T. Ng, Frank Herzog et Alejandro Manuel de Pena). Généralement, ce phénomène est causé par un grand nombre de familles de brevets récentes qui sont toujours en évaluation à l'USPTO. En moyenne, une demande de brevet présentée à l'USPTO prend un peu plus de 3 ans à être approuvée, donc le dépôt d'une grande quantité de demandes dans les 3 à 4 dernières années mènerait à cette situation. C'est d'ailleurs la raison pourquoi l'établissement du palmarès des inventeurs les plus actifs est fait sur la base des familles de demandes de brevet et non pas des brevets actifs.

Tableau 6 Le top 15 des inventeurs les plus prolifiques au niveau mondial dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017)

Rang mondial	Rang national	Nom	Pays	Affilié à	Familles de brevets	Brevets actifs
1	1	Batchelder, J. Samuel	États-Unis	Stratasys	63	56
2	2	Ng, Hou T.	États-Unis	Applied Materials	58	3
3	3	Mironets, Sergey	États-Unis	United Technologies Corporation	54	17
4	4	Swanson, William J.	États-Unis	Stratasys	49	51
5	5	Kamel, Ahmed	États-Unis	Siemens	47	20
6	1	Okamoto, Eiji	Japon	Seiko Epson Corporation	47	15
7	6	Bruck, Gerald J.	États-Unis	Siemens	45	19
8	1	Herzog, Frank	Allemagne	CL Schutzrechtsverwaltungs	45	2
9	2	Abe, Satoshi	Japon	Panasonic Corporation	44	34
10	2	Grebe, Maik	Allemagne	EVONIK DEGUSSA GmbH	44	25
11	1	de Pena, Alejandro Manuel	Espagne	Hewlett-Packard Development Company	44	1
12	7	Kottilingam, Srikanth Chandrudu	États-Unis	General Electric Company	42	15
13	3	Ederer, Ingo	Allemagne	Voxeljet	37	26
14	1	Keoshkerian, Barkev	Canada	Xerox Corporation	37	18
15	4	Monsheimer, Sylvia	Allemagne	EVONIK DEGUSSA GmbH	36	24

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé.

Le classement a été établi en fonction du nombre de familles de demandes de brevets puis du nombre de brevets actifs en cas d'égalité.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Finalement, parmi les 15 demandeurs les plus actifs (Tableau 7), on retrouve 7 compagnies américaines, 4 compagnies allemandes¹⁰, 2 compagnies taiwanaises et 2 compagnies japonaises. Aucune compagnie canadienne ne fait partie du top 25 mondial (voir le recueil de données Excel pour la liste complète). La présence dominante de sociétés américaines était prévisible étant donné la performance que le pays a affiché dans les autres aspects du domaine. Cependant, il est remarquable que des entreprises taiwanaises et japonaises se soient insérées dans le palmarès alors que les données de leurs offices de brevets nationaux ne sont pas utilisées pour l'analyse. De manière aussi prévisible, la majorité de ces compagnies sont des multinationales. Notons aussi que trois constructeurs aéronautiques (Boeing, Airbus et MTU Aero Engines) font partie du top 15, ce qui démontre les efforts faits par le secteur de l'aviation pour adopter les techniques de la fabrication additive dans leurs procédés. D'autres compagnies, comme Stratasys ou XYZprinting sont plutôt spécialisées dans la manufacture de systèmes d'impression 3D.

Tableau 7 Le top 15 des demandeurs les plus prolifiques au niveau mondial dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017)

Rang mondial	Rang national	Nom	Pays	Familles de brevets	Brevets actifs
1	1	General Electric Company	États-Unis	455	117
2	2	United Technologies Corporation	États-Unis	344	115
3	3	Hewlett-Packard Development Company	États-Unis	296	44
4	1	Siemens	Allemagne	284	87
5	4	Xerox Corporation	États-Unis	247	155
6	5	Stratasys	États-Unis	235	208
7	6	The Boeing Company	États-Unis	172	132
8	1	Kinpo Electronics	Taiwan	172	76
9	2	XYZprinting	Taiwan	171	76
10	7	3D Systems	États-Unis	147	105
11	2	EOS	Allemagne	126	52
12	1	Seiko Epson Corporation	Japon	126	36
13	3	Airbus	Allemagne	112	37
14	4	MTU Aero Engines	Allemagne	103	29
15	2	Mimaki Engineering	Japon	100	11

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé.

Le classement a été établi en fonction du nombre de familles de demandes de brevet.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Maintenant que la place du Canada dans le sous-domaine est plus claire, il est intéressant de se pencher sur la situation au niveau des provinces canadiennes (Tableau 8). Il est évident en observant le nombre de familles de brevets que les contributions provinciales dans le domaine proviennent principalement de l'Ontario (166 familles), avec des contributions moins importantes provenant d'inventeurs du Québec et de la Colombie-Britannique (42 et 31 familles, respectivement). La Colombie-Britannique et l'Ontario ont toutes deux des ratios de croissance supérieurs à ceux du Canada et du monde (9.33 et 5.08 contre 4.39

¹⁰ Notons que la compagnie Airbus est ici associée à l'Allemagne parce que la majorité de ses brevets déposés dans ce domaine l'ont été avec une adresse allemande, bien que son siège social soit aux Pays-Bas et que son siège opérationnel soit en France.

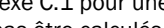
et 3.22), tandis que celui du Québec, malgré qu'il soit positif, se trouve bien en-deçà de ces valeurs (à 1.67).

Parmi ces trois provinces, le Québec a le flux de PI le plus élevé (-0.07). Ce résultat étonne, car relativement peu d'entreprises québécoises sont actives dans la province. Un facteur pouvant jouer un rôle dans cette mesure est que dans plusieurs cas, l'inventeur est aussi l'un des demandeurs du brevet. Ainsi, même si l'un des autres demandeurs n'est pas québécois, cela n'affecte pas le flux de PI pour la province.

Aucun inventeur québécois ne fait partie du top 10 des inventeurs canadiens (voir le recueil de données Excel). On y compte plutôt neuf Ontariens et un Néo-Écossais. Parmi ceux-ci, huit sont affiliés à la Xerox Corporation, ce qui explique en grande partie pourquoi le flux de PI de l'Ontario est aussi négatif (-0.43). Au Québec, les deux inventeurs les plus prolifiques sont attribués comme inventeurs dans seulement 3 familles de brevets en comparaison avec les 42 familles retrouvées à l'échelle de la province, ce qui démontre une certaine fragmentation, entre différentes entités, des activités québécoises dans le domaine. Il n'y a pas non plus d'entreprise canadienne se démarquant vraiment au niveau du nombre de demandes de brevet effectuées. Les demandeurs Canadiens les plus prolifiques sont généralement des individus. Les données montrent également que la plupart de l'innovation est faite pour des entités étrangères, mais que les inventeurs restent tout de même parfois en partie propriétaires de leur invention.

La province ayant l'indice de spécialisation le plus élevé dans le domaine est la Nouvelle-Écosse (5.83) malgré une présence limitée à une faible quantité de familles de brevets (15). Cela témoigne essentiellement de la faible quantité d'activités de brevetage tous domaines confondus dans la province, mais démontre tout de même une concentration d'efforts dans ce domaine. Au Québec, l'indice de spécialisation est de 0.86, légèrement en deçà de la moyenne canadienne (0.89).

Tableau 8 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'impression 3D (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		11,892	5,920	3.22	0.00	1.00
Amériques		6,602	4,044	2.87	0.02	1.25
Canada		269	138	4.39	-0.36	0.89
Alberta		11	4	3.00	-0.45	0.39
Colombie-Britannique		31	13	9.33	-0.26	0.80
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		5	2	4.00	0.00	1.09
Nouveau-Brunswick		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Nouvelle-Écosse		15	3	s.o.	-0.73	5.83
Ontario		166	85	5.08	-0.43	1.07
Québec		42	21	1.67	-0.07	0.86
Saskatchewan		1	0	s.o.	0.00	0.26
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	s.o.
Inconnu/Territoire		53	29	2.85	-0.45	0.72

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

En tout et pour tout, le domaine de l'impression 3D n'apparaît pas comme une force du Canada ou du Québec. Un ratio de croissance plus élevé que la moyenne au niveau mondial pour le Canada laisse présager que cela pourrait être amené à changer dans les années futures. Cependant, le flux de PI négatif du pays et des provinces pourrait signaler que l'innovation qui sera faite au Canada continuera en général de bénéficier en grande partie à des entités américaines, à moins d'un changement majeur dans la composition de l'écosystème industriel national.

2.3 Électronique imprimable ou flexible

Le domaine de l'électronique imprimable ou flexible est lui aussi important dans plusieurs types d'applications potentielles. L'ensemble de données sur ces technologies a donc été conçu en incluant le plus large éventail d'applications possibles : des écrans LCD flexibles jusqu'aux vêtements intelligents mesurant des signaux biométriques, par exemple, tout en incluant les brevets sur les techniques de fabrication de base.

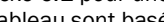
Dans ce domaine (Tableau 9), l'inventivité est surtout concentrée aux États-Unis, au Japon, en République de Corée, à Taiwan et en Chine. Il semble donc y avoir un intérêt marqué pour ces technologies en Asie, une conséquence probable de la distribution géographique antérieure des entreprises de fabrication de produits électroniques dans ces régions. Parmi les entreprises les plus actives (voir le recueil de données), on retrouve par exemple Samsung, LG, BOE Technology Group et Panasonic, toutes des entreprises asiatiques. En termes de nombre de familles de brevets, le Canada se positionne à la 9^{ème} place avec 346 familles.

Le domaine de l'électronique imprimable ou flexible enregistre un RC entre les périodes 2003–2009 et 2010–2016 de 1.59 au niveau mondial (Tableau 9). Cela correspond à un rythme de croissance 30% supérieur à la moyenne des matériaux avancés en général (§2.1.1). Parmi les 25 pays les plus productifs du domaine, la Chine (4.75) et la République de Corée (3.58) ont les RC les plus élevés. L'Inde est en troisième place du classement (3.40), mais le nombre absolu de familles de brevets ayant au moins un inventeur indien est très faible (73), ce qui indique entrée récente, soit dans la deuxième moitié de la période 2010–2016. Le Canada (RC de 1.87) se place quant à lui à la 11^{ème} place en termes de croissance.

En ce qui a trait au flux de PI, Hong Kong (1.02) et Singapour (0.48) se démarquent du reste des pays les plus inventifs. La situation de Hong Kong est particulièrement remarquable car un flux de PI supérieur à 1 signifie que le pays s'est globalement approprié plus du double de brevets que ce qu'il a lui-même inventé. Cependant, cela a aussi un lien avec la situation particulière de Hong Kong, car la vaste majorité de ces transferts provient soit de la Chine ou de Taiwan. Dans le cas de Singapour, les transferts sont généralement en provenance des États-Unis, du Japon ou de la Chine. Deux pays ont quant à eux des flux de PI très négatifs : la Malaisie (-0.49) et l'Inde (-0.59). Le principal pays receveur de cette PI sont les États-Unis. Plusieurs entités contribuent au phénomène, mais dans le cas de l'Inde, la majorité des transferts est effectuée par la corporation IBM. Le Canada a quant à lui un flux de PI de -0.13, ce qui correspond au 20^{ème} rang. Comme précédemment, les transferts sont en général en direction des États-Unis, avec 92 familles inventées par au moins un Canadien ayant également été déposées par une entité américaine sans l'être aussi par une entité canadienne. Deux compagnies américaines contribuent au phénomène : Xerox Corporation, avec 31 familles de brevets et Immersion Corporation, avec 20 familles de brevets.

Finalement, au plan de la spécialisation, on observe que la République de Corée (IS 3.19), la Malaisie (IS 2.42), la Chine (IS 1.91) et Taiwan (IS 1.90) sont les pays les plus spécialisés tandis que la Suède (IS 0.38), l'Australie (IS 0.36), le Danemark (IS 0.34) et l'Inde (IS 0.27) sont les moins spécialisés du top 25. Le Canada se place au 13^{ème} rang, avec un IS de 0.65.

Tableau 9 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'électronique imprimable ou flexible (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		21,011	12,170	1.59	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		6,555	4,585	1.40	0.03	0.74
Japon		4,312	2,474	1.06	-0.01	1.16
Rép. de Corée		3,910	2,341	3.58	0.00	3.19
Taiwan		1,946	993	1.17	0.02	1.90
Chine		1,489	631	4.75	-0.02	1.91
Allemagne		958	310	1.00	-0.04	0.48
Royaume-Uni		461	255	1.15	-0.10	0.73
Pays-Bas		378	181	1.03	0.12	1.24
Canada		346	184	1.87	-0.13	0.65
France		320	125	1.75	-0.03	0.43
Israël		195	103	1.63	-0.12	0.82
Finlande		188	105	2.38	0.06	1.38
Suisse		175	72	0.98	0.16	0.59
Italie		165	58	2.35	-0.12	0.45
Singapour		103	61	1.51	0.48	1.28
Belgique		97	34	2.14	-0.13	0.65
Suède		89	40	1.02	-0.03	0.38
Autriche		77	24	2.09	-0.16	0.48
Inde		73	45	3.40	-0.59	0.27
Espagne		67	20	2.20	-0.09	0.53
Malaisie		59	37	2.44	-0.49	2.42
Australie		54	28	0.59	-0.09	0.36
RAS Hong Kong		52	26	0.85	1.02	1.32
Danemark		35	22	1.82	-0.03	0.34
Irlande		32	18	1.91	-0.16	0.60

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Au niveau des 25 demandeurs les plus actifs du domaine (voir le recueil de données), on retrouve 18 compagnies asiatiques, 5 compagnies américaines et 2 compagnies européennes. Aucune compagnie canadienne ne se retrouve dans ce classement, ce qui n'est pas étonnant étant donné le faible nombre de familles d'applications au Canada. La seule compagnie canadienne qui a un nombre assez élevé de demandes de brevets pour se démarquer dans ce champ (60) est BlackBerry.

Pour ce qui est des inventeurs les plus prolifiques (voir le recueil de données), la situation est similaire, avec 9 inventeurs asiatiques, 5 Américains et 1 Européen composant le top 15. Aucun inventeur canadien ne fait partie de ce classement. Les inventeurs canadiens les plus prolifiques sont situés en Ontario. Trois sont affiliés à la Xerox Corporation et un à BlackBerry. Trois inventeurs du Québec font aussi partie du groupe des plus productifs au pays. Tous trois sont affiliés à Immersion Corporation.

Au niveau provincial (Tableau 10), l'Ontario, le Québec et la Colombie-Britannique sont responsables de la plus grande partie des demandes de brevets. Le Québec est la province qui présente la plus grande croissance depuis 2003, avec un RC de 4.40. Cependant, en regardant la tendance, on remarque une légère

diminution du nombre de nouvelles familles présentées en 2016. Il est donc possible que cette croissance ait atteint un plateau, ce que seules les années futures pourront confirmer ou infirmer. Le flux de PI du Québec est cependant très négatif (-0.41), ce qui, semble indiquer que cette croissance est causée en grande partie par une entité étrangère. Le fait que les trois inventeurs québécois les plus prolifiques (voir le recueil de données) soient affiliés à Immersion Corporation, une entreprise américaine, renforce cette hypothèse. La seule autre province à avoir observé une croissance plus rapide que la moyenne canadienne est l'Alberta, avec un RC de 2.67. Aucune province avec un niveau de production significatif (Ontario, Québec, Colombie-Britannique) n'est spécialisée dans le domaine.

Tableau 10 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'électronique imprimable ou flexible (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		21,011	12,170	1.59	0.00	1.00
Amériques		6,844	4,720	1.42	0.02	0.73
Canada		346	184	1.87	-0.13	0.65
Alberta		23	11	2.67	-0.26	0.47
Colombie-Britannique		55	39	1.50	0.00	0.81
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		7	2	1.33	0.00	0.86
Nouveau-Brunswick		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Nouvelle-Écosse		5	1	0.33	-0.60	1.10
Ontario		190	89	1.84	-0.06	0.69
Québec		61	35	4.40	-0.41	0.71
Saskatchewan		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Terre-Neuve-et-Labrador		2	1	1.00	0.00	1.78
Inconnu/Territoire		68	36	1.28	-0.32	0.52

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.4 Transport

Le développement de matériaux avancés est essentiel au domaine des transports. Cela est le cas à la fois parce qu'il permet l'utilisation de nouveaux matériaux aux propriétés améliorées comme des superalliages pour l'amélioration des performances des véhicules existants, mais aussi parce qu'il entraîne le développement de nouveaux capteurs essentiels au développement de véhicules intelligents et autonomes. L'ensemble de données des transports est composé majoritairement de ces deux pans de recherche.

Cette fois-ci, les pays les plus inventifs sont les États-Unis (4,505 familles), le Japon (3,757 familles), l'Allemagne (2,594 familles) et la France (1,219 familles). Cette sélection de pays semble s'expliquer par la distribution géographique des constructeurs automobiles, aéronautiques et de pneumatiques. Le Canada (198 familles) se retrouve à la 9^{ème} place du classement.

En termes de croissance, la République de Corée et Israël (RC 4.10) ainsi que la Chine (RC 4.08) ont vu leur production relative augmenter davantage que celles des autres pays. Cependant, il faut remarquer que leurs nombres totaux de brevets sont relativement faibles pour la période totale. Les croissances du Japon (RC 1.91) et de la France (RC 1.68) sont plus significatives, car ceux-ci avaient des niveaux d'inventivité beaucoup plus élevés dès le début de la période. Quelques pays ont aussi vu le volume de leur inventivité diminuer, notamment le Luxembourg (RC 0.69), la Belgique (RC 0.73) et la Suisse (RC 0.87). Le Canada, avec un RC de 1.32 (soit seulement 87% de la moyenne mondiale), se trouve à la 16^{ème} position en termes de croissance.

En ce qui a trait au transfert de PI, la Suisse se démarque de loin des autres pays examinés, avec un flux de 5.13. Le pays reçoit d'entités étrangères plus de 5 fois le nombre de familles de brevets que le nombre d'inventions produites localement. La plus grande part de ce flux provient de la France. Cette situation exceptionnelle est causée entièrement par la compagnie Michelin, avec 472 familles avec au moins un inventeur Français qui sont déposées par la branche Suisse. Cependant, une adresse française est aussi utilisée par Michelin pour la majorité de ces soumissions, ce qui n'entraîne pas de flux inverse pour la France. Deux pays ont un flux de PI très négatif : le Danemark et le Mexique, tous deux avec un score de -0.55. Dans le cas du Danemark, les transferts se font vers l'Allemagne, tandis qu'ils sont vers les États-Unis pour le Mexique. Le Canada a encore une fois un flux négatif (-0.21) généralement en direction des États-Unis. Plusieurs compagnies, dont Ford et General Motors, sont responsables de ces transferts.

Finalement, remarquons que le Luxembourg se démarque radicalement au niveau de la spécialisation, avec un IS de 36.62. Cet indice très élevé couplé à un nombre de familles de brevets plutôt faible indique que les inventeurs du Luxembourg produisent un petit nombre de demandes très concentrées dans certaines sphères, dont le transport. Il est possible de noter ici que la compagnie de pneumatiques Goodyear possède des bureaux au Luxembourg. Autrement, la France, l'Espagne, l'Allemagne et le Japon sont tous spécialisés dans le domaine. Le Canada se situe quant à lui à la 19^{ème} place du classement par spécialisation des pays les plus inventifs, avec un IS de seulement 0.55.

On retrouve parmi les demandeurs les plus prolifiques (voir le recueil de données) la majorité des constructeurs automobiles, aéronautiques et de pneumatiques mondiaux. En tête se trouvent le groupe Toyota, avec 767 familles de brevets, puis Michelin (659 familles) et Bridgestone (613 familles). En tout, on compte 11 entités asiatiques (majoritairement japonaises), 9 entités européennes (majoritairement allemandes) et 5 compagnies américaines. Aucune entité canadienne ne se trouve parmi le top 25. Les deux seules compagnies canadiennes se démarquant suffisamment sont Magna International, d'Ontario (76 familles) et Bombardier, du Québec (14 familles).

La situation est similaire au niveau des inventeurs, avec 4 inventeurs asiatiques, 4 américains et 7 inventeurs européens composant le top 15. Au Canada, il est difficile de trouver des inventeurs se démarquant vraiment dans le domaine. Les deux inventeurs les plus prolifiques sont affiliés à Faroex, au Manitoba. Chacun est nommé comme inventeur pour 4 familles d'applications. Un tel phénomène peut soit signifier : qu'il y a une multitude d'inventeurs dans le domaine au Canada et sans qu'aucun ne soit exceptionnellement actif; ou que des inventeurs canadiens très actifs sont néanmoins affiliés à des entités étrangères et utilisent une adresse étrangère dans les documents de demandes de brevets, ce qui empêche leur identification comme inventeurs canadiens.

Tableau 11 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des transports (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		14,104	7,347	1.51	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		4,505	3,099	1.26	0.05	0.76
Japon		3,757	1,887	1.91	0.05	1.50
Allemagne		2,594	981	1.26	-0.04	1.92
France		1,219	452	1.68	0.02	2.45
Rép. de Corée		561	289	4.10	-0.01	0.68
Italie		360	125	1.13	-0.18	1.48
Royaume-Uni		288	161	1.37	-0.18	0.68
Luxembourg		237	83	0.69	-0.33	36.62
Canada		198	110	1.32	-0.21	0.55
Espagne		174	81	1.55	-0.07	2.06
Suède		168	67	1.47	0.30	1.08
Taiwan		163	76	1.63	-0.03	0.24
Chine		162	63	4.08	-0.10	0.31
Belgique		132	66	0.73	-0.22	1.31
Pays-Bas		128	54	1.58	0.05	0.63
Suisse		117	41	0.87	5.13	0.59
Autriche		79	28	3.05	-0.10	0.73
Australie		58	41	1.23	-0.22	0.58
Inde		58	41	1.57	-0.36	0.32
Israël		57	49	4.10	-0.32	0.36
Finlande		38	25	1.47	0.08	0.41
Russie		28	12	0.93	-0.14	0.83
Brésil		24	12	1.30	-0.17	0.94
Danemark		22	5	2.20	-0.55	0.31
Mexique		20	8	3.25	-0.55	1.32

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Au niveau des provinces (Tableau 12), il est difficile de tirer des conclusions fiables par cause du faible niveau d'inventivité du pays dans le domaine. Le plus grand niveau d'activité provient d'Ontario, avec 119 familles d'applications. Le Québec suit avec 28 familles et la Colombie-Britannique avec 19 familles. L'Alberta, la Colombie-Britannique et le Québec ont des RC supérieurs à 2, mais de faibles nombres de familles de brevets ainsi que des tendances dans le temps plutôt sporadiques qui rendent ces nombres incertains. L'Ontario a un RC de 1.29, soit seulement 85% de la valeur mondiale. Aucune province n'a de flux de PI positif.

Il est alors possible de conclure que l'inventivité dans le domaine des transports n'est pas une force du Canada ou du Québec. Leur niveau d'activité est trop faible pour pouvoir rivaliser avec les puissances mondiales du domaine, et le fait que le ratio de croissance du pays et de toutes les provinces soit plus faible que la moyenne mondiale signifie que cette situation ne changera probablement pas dans un futur prochain.

Tableau 12 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des transports (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		14,104	7,347	1.51	0.00	1.00
Amériques		4,665	3,185	1.26	0.04	0.74
Canada		198	110	1.32	-0.21	0.55
Alberta		14	7	3.67	-0.29	0.42
Colombie-Britannique		19	9	3.50	-0.37	0.42
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		9	7	0.33	-0.33	1.65
Nouveau-Brunswick		2	2	1.00	-0.50	0.89
Nouvelle-Écosse		1	0	s.o.	-1.00	0.33
Ontario		119	65	1.29	-0.18	0.65
Québec		28	13	2.00	-0.21	0.48
Saskatchewan		1	0	s.o.	0.00	0.22
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		50	23	0.60	-0.14	0.57

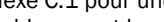
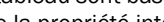
Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.5 Énergies

Le domaine de l'énergie est associé à celui des matériaux pour plusieurs raisons. On peut par exemple penser à la production d'énergies alternatives, qui demande des matériaux spécialisés pour fabriquer des panneaux solaires ou des éoliennes, mais aussi à la fabrication de nouveaux types de batteries ou de piles à combustible. Finalement, des matériaux supraconducteurs utilisables à température pièce pourraient un jour avoir un impact majeur sur le transport de l'énergie. L'ensemble de données sur les énergies rassemble tous ces aspects.

Tableau 13 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'énergie (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		54,089	26,390	1.64	0.00	1.00
Japon		16,714	7,539	1.52	-0.00	1.74
États-Unis d'Amérique		16,520	9,604	1.38	0.02	0.72
Rép. de Corée		7,908	4,225	2.55	0.01	2.50
Allemagne		4,661	1,599	1.57	0.07	0.90
Taiwan		1,882	745	1.82	0.09	0.71
Chine		1,687	733	4.02	-0.08	0.84
France		1,645	715	1.67	0.06	0.86
Royaume-Uni		1,361	652	1.62	-0.07	0.84
Canada		955	484	1.05	-0.12	0.70
Suisse		585	223	1.40	-0.02	0.77
Danemark		513	225	1.99	-0.09	1.91
Italie		440	161	1.41	-0.08	0.47
Pays-Bas		370	146	1.10	0.03	0.47
Belgique		338	141	1.95	0.19	0.88
Espagne		286	93	1.86	-0.07	0.88
Australie		261	118	1.23	-0.04	0.68
Inde		249	108	2.73	-0.34	0.36
Israël		240	106	1.55	-0.05	0.39
Autriche		190	80	0.87	-0.21	0.46
Singapour		185	92	2.85	0.00	0.89
Suède		185	88	1.30	-0.09	0.31
Russie		160	62	0.78	-0.27	1.24
Finlande		101	39	2.16	0.22	0.29
Arabie saoudite		100	58	7.60	-0.04	1.78
RAS Hong Kong		90	33	3.39	0.36	0.89

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Les pays les plus actifs dans le domaine (Tableau 13) sont le Japon (16,714 familles), les États-Unis (16,520 familles) et la République de Corée (7,980 familles). Il est ici absolument remarquable que le Japon se positionne au premier rang, devant les États-Unis, alors que les données provenant de l'Office des brevets du Japon ne sont pas utilisées pour établir ces statistiques. Pour référence, les États-Unis sont classés à la première position dans toutes les catégories sauf celle-ci et dans le domaine des métaux (§2.7), où le Japon est aussi le pays en première place. Le Canada se classe quant à lui en 9^{ème} place, avec 955 familles de brevets.

Parmi les pays les plus inventifs du domaine, l'Arabie saoudite (RC 7.60), la Chine (RC 4.02) et la RAS Hong Kong (RC 3.39) sont ceux qui ont le plus grand ratio de croissance. Il est cependant important de souligner la croissance de l'inventivité en République de Corée (RC 2.55), qui a un volume de demandes largement supérieur à ces derniers pays. Les pays qui ont eu la croissance la plus faible durant la période sont la Russie (RC 0.78), l'Autriche (RC 0.87) et le Canada (1.05). La performance du Canada en termes

de croissance correspond à seulement 64% de la moyenne mondiale : il est ainsi très probable que le Canada chute au classement sur le volume de familles de brevets dans les prochaines années.

En ce qui a trait au flux de propriété intellectuelle, les pays faisant les plus grands gains relatifs à leur propre production sont la RAS Hong Kong (0.36), la Finlande (0.22) et la Belgique (0.19), tandis que ceux qui ont les plus grandes pertes sont le Canada (-0.12), l'Autriche (-0.21), la Russie (-0.27) et l'Inde (-0.34). Comme c'était le cas pour les catégories déjà examinées, le principal bénéficiaire des transferts en provenance du Canada sont les États-Unis (171 familles) mais, cette fois-ci, une partie non-négligeable des transferts va vers l'Allemagne (76 familles) et le Royaume-Uni (32 familles). La Ford Motor Company est la principale entité américaine responsable de ces transferts, tandis qu'il s'agit de Daimler en Allemagne et de Intelligent Energy au Royaume-Uni.

Finalement, les pays les plus spécialisés sont la République de Corée (IS 2.50), le Danemark (IS 1.91) et l'Arabie saoudite (IS 1.78) tandis que les moins spécialisés sont l'Inde (IS 0.36), la Suède (IS 0.31) et la Finlande (IS 0.29). Le Canada (IS 0.70) se retrouve au 17^{ème} rang au plan de la spécialisation parmi les 25 pays les plus inventifs du domaine.

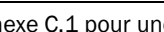
Les 25 demandeurs les plus actifs du domaine (voir le recueil de données) sont généralement des compagnies de fabrication de produits électroniques qui ont des divisions de développement de batteries, ou des constructeurs automobiles, pour qui les technologies de batteries et de piles à combustibles peuvent être très intéressantes. Au total, 17 compagnies asiatiques, 5 compagnies européennes et 3 compagnies américaines composent le top 25. Aucune compagnie canadienne ne fait partie de ce palmarès. Les entreprises canadiennes les plus inventives sont Ballard Power Systems (51 familles) de la Colombie-Britannique, Hydro-Québec (42 familles) du Québec, CNR Canada (23 familles) et Blue Solutions (18 familles) du Québec.

Au niveau des inventeurs, on retrouve 11 Asiatiques et 4 Américains dans le top 15 mondial. Sept inventeurs québécois, dont 3 affiliés à Hydro-Québec, font par contre partie du top 10 canadien. Un fait à souligner ici est que l'inventeur Michel Gauthier, placé au 10^{ème} rang national, soit affilié à l'Université de Montréal plutôt qu'à une entreprise privée.

Au niveau provincial (Tableau 14), la situation est similaire à ce qui est observé dans les autres catégories, avec la majorité des familles de brevets provenant d'inventeurs de l'Ontario, de la Colombie-Britannique et du Québec. Parmi ces provinces, seule l'Ontario enregistre un RC plus élevé (1.40) que celui du Canada (1.05), mais celui-ci reste tout de même en deçà du niveau mondial (1.64). En fait, le Québec (RC 0.95) et la Colombie-Britannique (RC 0.85) ont vu leur volume d'inventivité diminuer légèrement durant la période. De plus, comme c'est le cas en général, les provinces ont toutes un flux de PI négatif. Finalement, des trois provinces citées ci-haut, seule la Colombie-Britannique est spécialisée dans le domaine, avec un IS de 1.52.

L'inventivité dans le domaine des énergies n'est donc pas non plus une force du Canada, malgré la spécialisation de l'une de ses provinces dans le domaine. Le fait que le ratio de croissance du pays soit beaucoup plus faible que celui du monde fournit un de continuité pour cette situation dans un futur rapproché.

Tableau 14 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'énergie (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		54,089	26,390	1.64	0.00	1.00
Amériques		17,297	9,990	1.37	0.01	0.72
Canada		955	484	1.05	-0.12	0.70
Alberta		74	38	0.92	-0.11	0.58
Colombie-Britannique		266	140	0.85	-0.06	1.52
Île-du-Prince-Édouard		1	1	0.00	0.00	0.69
Manitoba		9	3	1.33	-0.22	0.43
Nouveau-Brunswick		6	2	0.50	0.00	0.70
Nouvelle-Écosse		37	12	1.19	-0.57	3.16
Ontario		354	185	1.40	-0.11	0.50
Québec		205	105	0.95	-0.09	0.92
Saskatchewan		4	3	0.00	0.00	0.22
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		222	109	0.66	-0.21	0.66

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

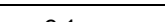
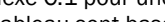
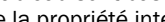
2.6 Semi-conducteurs et composantes électroniques

Le développement du domaine des semi-conducteurs et des composantes électroniques est intimement lié à celui des matériaux. Cependant, il s'agit aussi d'un champ très large, qui fait l'objet d'un développement très diversifié. Dans le but de rester le mieux aligné avec le thème des matériaux avancés, les aspects couverts par cet ensemble de données correspondent : aux nouvelles techniques de fabrication de semi-conducteurs; à la nanofabrication, aux nanosystèmes et microsystèmes électromécaniques (NEMS et MEMS); aux lasers semiconducteurs; aux nouveaux capteurs basés sur des semiconducteurs (ou, par extension, sur des NEMS/MEMS); et à tout le développement de matériel pour l'informatique quantique.

Les résultats nationaux (Tableau 15) indiquent que les pays les plus inventifs ici sont les États-Unis (23,324 familles), le Japon (17,734 familles), la République de Corée (7,802 familles) et Taiwan (5,085 familles). Le Canada se retrouve à la 9^{ème} place de ce classement, avec 954 familles de brevets.

La Chine a un RC de 5.46 pour la période, ce qui représente une augmentation très rapide de leur inventivité. À l'opposé, le Japon (RC 0.83), la République de Corée (RC 0.74) et l'Australie (RC 0.40) ont les RC les plus faibles. Ces scores représentent des diminutions marquées du volume d'inventivité dans le domaine et pour la période considérée. Le Canada, quant à lui, enregistre un RC de 1.11, ce qui représente une augmentation modeste de son inventivité. Cela le place au 12^{ème} rang en termes de croissance parmi les pays les plus inventifs.

Tableau 15 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des semi-conducteurs (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		66,038	46,645	0.97	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		23,324	19,108	0.97	0.01	0.84
Japon		17,734	12,147	0.83	0.01	1.52
Rép. de Corée		7,802	4,774	0.74	0.01	2.02
Taiwan		5,085	3,758	1.10	0.02	1.58
Allemagne		3,892	2,129	1.00	0.00	0.62
Chine		2,575	1,613	5.46	-0.02	1.05
France		1,705	928	1.11	-0.05	0.73
Royaume-Uni		1,167	635	0.99	0.31	0.59
Canada		954	669	1.11	-0.10	0.57
Pays-Bas		745	442	0.95	0.29	0.78
Suisse		738	351	1.27	0.05	0.80
Italie		633	481	1.31	-0.12	0.55
Belgique		586	372	1.30	-0.19	1.25
Singapour		571	434	1.10	0.31	2.25
Autriche		428	296	2.05	-0.26	0.84
Israël		372	252	1.03	-0.20	0.50
Inde		278	185	1.71	-0.43	0.33
Suède		258	170	0.90	-0.03	0.35
Australie		250	121	0.40	-0.08	0.53
Finlande		193	125	1.59	-0.10	0.45
Espagne		135	66	1.30	-0.08	0.34
Irlande		123	109	1.19	-0.09	0.74
Danemark		121	66	2.08	-0.27	0.37
Russie		104	51	0.87	-0.31	0.66
Norvège		89	55	0.98	0.12	0.54

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Le Royaume-Uni, Singapour et les Pays-Bas se démarquent en raison de leur afflux positif de PI (autour de 0.3). Dans les trois cas, les inventeurs les plus souvent cités sur ces brevets sont américains. Additionnellement, dans le cas des Pays-Bas, une bonne partie des transferts provient aussi du Royaume-Uni. Les pays qui ont les plus grands déficits nets de PI sont le Danemark (-0.27), la Russie (-0.31) et l'Inde (-0.43). Toutefois, comme les nombres de familles de brevets avec des inventeurs de ces pays ne sont pas très élevés, cela représente un petit volume de brevets dans l'ensemble. Le Canada a aussi dans cette catégorie un flux de PI négatif (-0.10). Cela le place à la 18^{ème} position sur cette dimension parmi le sous-ensemble des pays les plus inventifs. Comme pour les autres domaines, le principal receveur des transferts canadiens de PI sont les États-Unis. Cette situation est associée à l'activité de plusieurs compagnies américaines, dont la Xerox Corporation et la General Electric Corporation.

Finalement, au niveau de la spécialisation, on remarque que Singapour (IS 2.25) et la République de Corée (IS 2.02) sont les deux pays les plus spécialisés alors que le Danemark (IS 0.37), la Suède (0.35), l'Espagne (IS 0.34) et l'Inde (IS 0.33) sont les moins spécialisés. Le Canada (IS 0.57) se trouve à la 16^{ème} position.

En ce qui a trait aux demandeurs les plus actifs (voir le recueil de données), on retrouve 16 entreprises asiatiques, 6 entreprises américaines et 3 entreprises européennes. Les entreprises canadiennes sont absentes de ce classement. Les demandeurs les plus actifs au Canada sont D-Wave Systems (91 familles de brevets), qui est une entreprise active dans le domaine de l'informatique quantique, BlackBerry (69 familles de brevets), Teledyne Dalsa (25 familles de brevets) et l'Université McGill (22 familles de brevets), qui est la seule organisation québécoise de ce classement.

Les 15 inventeurs les plus prolifiques proviennent du Japon, des États-Unis, d'Australie et de Taiwan. On retrouve dans ce classement des inventeurs très prolifiques, tel que Shunpei Yamazaki qui est listé comme inventeur sur 381 familles de brevets présentes dans l'ensemble de données. Au niveau du Canada, les 10 inventeurs les plus prolifiques proviennent tous de l'Ontario (affiliés en général à la Xerox Corporation) et de Colombie-Britannique (affiliés en général à D-Wave Systems) et sont mentionnés sur de 31 à 18 familles d'applications chacun.

Les provinces canadiennes les plus actives sont l'Ontario, la Colombie-Britannique et le Québec. Seul le Québec enregistre un RC plus élevé que le pays (1.22 vs 1.11). Les deux autres provinces mentionnées ont quant à elles des RC légèrement inférieurs au RC national. Les flux de PI sont négatifs pour les trois provinces, le Québec ayant le flux le plus faible (-0.16). Aucune province n'est spécialisée dans le domaine. Cependant, la Colombie-Britannique a un IS de 0.98, soit pratiquement la moyenne mondiale.

Les semi-conducteurs et composants électroniques ne sont pas une force canadienne à l'heure actuelle. Cependant, l'activité de compagnies comme D-Wave Systems laisse entrevoir des opportunités de croissance pour le pays et qui sont uniques à ce domaine

Tableau 16 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des semi-conducteurs (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		66,038	46,645	0.97	0.00	1.00
Amériques		24,125	19,616	0.97	0.00	0.82
Canada		954	669	1.11	-0.10	0.57
Alberta		71	51	0.94	-0.17	0.46
Colombie-Britannique		209	201	1.04	-0.09	0.98
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		7	0	0.17	-0.29	0.27
Nouveau-Brunswick		2	1	s.o.	0.00	0.19
Nouvelle-Écosse		3	2	0.00	0.00	0.21
Ontario		469	312	1.09	-0.09	0.54
Québec		186	106	1.22	-0.16	0.69
Saskatchewan		2	2	0.00	0.00	0.09
Terre-Neuve-et-Labrador		1	0	s.o.	0.00	0.28
Inconnu/Territoire		141	84	0.75	-0.28	0.35

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.7 Métaux

Le jeu de données sur les métaux contient les brevets portant sur de nouveaux alliages aux propriétés améliorées, mais aussi sur des nouveaux processus de mise en forme des métaux ou de métallurgie des poudres. Les méthodes de manufacture de nouveaux matériaux magnétiques sont aussi incluses dans cet ensemble.

Les pays les plus actifs dans ce domaine (Tableau 17) sont le Japon (7,065 familles), les États-Unis d'Amérique (5,487 familles) et l'Allemagne (3,059 familles). Il s'agit, avec la catégorie « Énergies » (§2.5) de la seule sous-catégorie où les États-Unis ne sont pas le pays le plus inventif. Tout comme cela était le cas pour la catégorie « Énergies », il est impressionnant que le Japon ait réussi à se positionner au premier rang malgré l'absence des demandes faites à l'office national du Japon dans le jeu de données. Le Canada se place quant à lui à la 12^{ème} position du classement pour ce domaine, avec 415 familles de brevets. Notons au passage qu'ici, le Tableau 17 ne contient que les données sur les 15 pays les plus inventifs car les volumes de familles de brevets aux positions inférieures étaient insuffisants pour l'obtention d'une analyse fiable.

Les pays avec les ratios de croissance les plus élevés sont la Chine (RC 4.64) et la République de Corée (RC 2.64). Ceux qui ont à l'opposé les ratios de croissance les plus faibles sont Taiwan (RC 0.95) et la Suède (RC 0.93). Le ratio de croissance des États-Unis (1.08) est aussi relativement faible, surtout comparé à celui du Japon (1.64). Le Canada a quant à lui un RC de 1.22, un score qui correspond à 86% du niveau mondial (1.41).

Seule la Suisse a un flux de PI significativement positif (0.16), la majorité (80 familles) de ses gains provenant de l'Allemagne. Le Royaume-Uni (-0.11) et la France (-0.14) sont les deux pays avec les flux les plus faibles. Dans les deux cas, les pays qui récoltent ces transferts sont variés (voir le recueil de données) : il n'y a pas une destination dominante ici.

Finalement, les pays les plus spécialisés du domaine sont l'Autriche (IS 2.83), le Japon (IS 1.88) et la Suède (IS 1.79) tandis que les moins spécialisés sont les Pays-Bas (IS 0.72), les États-Unis (IS 0.61) et Taiwan (IS 0.47). Le Canada (IS 0.77) se trouve au 11^{ème} rang en termes de spécialisation parmi les pays du top 15.

Le top 25 des demandeurs les plus prolifiques est composé de 13 entreprises asiatiques, 7 entreprises européennes et de 5 entreprises américaines. La plupart sont des constructeurs automobiles ou des entreprises spécialisées dans la fabrication et la transformation de métal. Les entreprises canadiennes les plus importantes dans le domaine sont Magna International, de l'Ontario, qui était aussi représentée dans le domaine des transports (§2.4) et Pratt & Whitney Canada¹¹, du Québec.

¹¹ Pratt & Whitney Canada est une filiale de United Technologies Corporation, une entreprise américaine. Cependant, plusieurs brevets de l'ensemble de données étaient tout de même déposés en utilisant une adresse québécoise.

Tableau 17 Mesure de l'inventivité des 15 pays les plus actifs dans le domaine des métaux (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		21,167	9,587	1.41	0.00	1.00
Japon		7,065	3,494	1.64	0.00	1.88
États-Unis d'Amérique		5,487	3,203	1.08	0.02	0.61
Allemagne		3,059	877	1.23	-0.03	1.51
Rép. de Corée		1,019	353	2.64	0.02	0.82
France		748	292	1.38	-0.14	1.00
Chine		634	250	4.64	-0.05	0.81
Italie		532	153	1.44	-0.07	1.45
Taiwan		489	162	0.95	0.00	0.47
Autriche		460	165	1.58	0.01	2.83
Royaume-Uni		458	209	1.57	-0.11	0.72
Suède		420	186	0.93	-0.02	1.79
Canada		415	225	1.22	-0.06	0.77
Suisse		330	94	1.33	0.16	1.11
Pays-Bas		221	81	1.36	-0.02	0.72
Espagne		127	26	1.98	0.06	1.00

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

La situation au plan des inventeurs est ici plutôt particulière : 13 des 15 inventeurs les plus prolifiques au niveau mondial sont japonais, les deux autres sont américains. Ce résultat renforce encore plus le statut du Japon comme pays de référence dans le domaine. Au Canada, trois inventeurs se démarquent; les trois sont québécois.

Parmi les provinces canadiennes (Tableau 18), seules l'Ontario (226 familles) et le Québec (96 familles) se démarquent au plan de l'inventivité. Le Québec a un RC supérieur à celui du monde. Il est 23% plus élevé que celui de l'Ontario. Les deux provinces ont un flux de PI net quasiment nul, dû non pas à une absence de transfert, mais à un équilibre entre la quantité de transferts entrants et sortants (voir le recueil de données). Finalement, le Québec est légèrement spécialisé dans le domaine (SI 1.11) alors que l'Ontario ne l'est pas (SI 0.82).

En tout et pour tout, la performance du Canada dans le domaine ne démontre pas non plus de vigueur particulière. De plus, un RC plus faible que la moyenne mondiale ainsi qu'une chute dans son SI (voir le recueil de données) entre les périodes 2003–2009 et 2010–2016 ne laisse pas présager d'un renversement de situation dans les prochaines années.

Tableau 18 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des métaux (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		21,167	9,587	1.41	0.00	1.00
Amériques		5,875	3,399	1.08	0.02	0.62
Canada		415	225	1.22	-0.06	0.77
Alberta		19	11	0.46	-0.16	0.38
Colombie-Britannique		15	4	1.80	0.33	0.22
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		3	2	s.o.	0.00	0.37
Nouveau-Brunswick		6	3	0.50	0.00	1.79
Nouvelle-Écosse		7	5	1.33	-0.29	1.53
Ontario		226	111	1.26	-0.04	0.82
Québec		96	54	1.56	-0.05	1.11
Saskatchewan		6	4	0.50	-0.50	0.86
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		145	78	1.50	-0.24	1.11

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.8 Composites, céramiques et polymères

Le domaine des composites, céramiques et polymères est possiblement le plus vaste des sous-ensembles qui ont été construits pour la présente étude. On s'intéresse ici aux nouveaux matériaux composites et aux céramiques, mais aussi aux nouvelles compositions de polymères et aux résines de types fréquemment utilisés comme matériaux.

Les pays les plus inventifs dans le domaine (Tableau 19) sont les États-Unis (22,903 familles), le Japon (18,163 familles) et l'Allemagne (8,736 familles). Le Canada (1,119 familles) se trouve à la 13^{ème} place en termes d'inventivité.

Les pays ayant montré la plus grande évolution relative de leur inventivité durant la période totale sont l'Arabie saoudite (RC 5.96), la Chine (RC 3.18) et la République de Corée (RC 2.27). L'Italie (RC 0.97), la Belgique (RC 0.93) et la Norvège (RC 0.37) ont cependant tous vu leur inventivité diminuer de manière plus ou moins marquée durant la même période. Le Canada (RC 1.28) se positionne à la 13^{ème} place parmi les pays les plus productifs. Son RC est légèrement supérieur à celui du monde (1.20).

Les flux de propriété intellectuelle positifs les plus importants sont ceux des Pays-Bas (0.38), de la Suisse (0.30) et de l'Arabie Saoudite (0.22), tandis que les flux négatifs les plus importants se font à partir de la Suède (-0.27), de la Norvège (-0.30) et de l'Inde (-0.37). Le Canada a encore une fois dans cette catégorie un flux de PI négatif (-0.22) dont les principaux bénéficiaires sont les États-Unis et la Suisse. Dans le cas des États-Unis, la Xerox Corporation et DuPont sont les deux sociétés qui alimentent ces transferts. Pour la Suisse, il s'agit plutôt généralement de la compagnie Nova Chemicals. Cette observation dénote une

situation particulière, car Nova Chemicals est une compagnie canadienne avec un siège social à Calgary mais qui dépose toutes ses demandes de brevets en utilisant une adresse située en Suisse. Il serait donc possible d'argumenter qu'il ne s'agit pas d'une réelle perte de PI dans ce cas.

Les pays les plus spécialisés du domaine sont la Belgique (IS 3.01) et l'Arabie saoudite (IS 2.91), tandis que les moins spécialisés sont Taiwan (IS 0.49) et Israël (IS 0.27). Le Canada (IS 0.65) se situe quant à lui à la 22^{ème} place de ce classement.

Le classement des 25 demandeurs les plus prolifiques (voir le recueil) est composé de 10 compagnies asiatiques, 8 compagnies européennes et 7 compagnies américaines. Magna International (44 familles, Ontario), CNR Canada (18 familles, Ontario) et FPIInnovations (17 familles, Québec) sont les trois entreprises canadiennes qui ont effectué le plus de demandes durant la période. Deux individus complètent le top 5 canadien des demandeurs, soit Yu Qi (19 familles, Ontario) et Nan-Xing Hu (17 familles, Ontario). Tous deux sont des inventeurs actifs dans le domaine et affiliés à la Xerox Corporation.

Tableau 19 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des matériaux composites, céramiques et polymères (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		67,987	33,902	1.20	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		22,903	13,885	1.02	0.04	0.80
Japon		18,163	9,068	1.14	-0.01	1.51
Allemagne		8,736	2,919	1.17	0.00	1.34
Rép. de Corée		4,115	2,127	2.27	-0.01	1.04
France		3,466	1,401	1.28	-0.03	1.45
Chine		2,295	1,069	3.18	-0.22	0.91
Royaume-Uni		1,667	866	1.26	-0.11	0.82
Taiwan		1,620	655	1.42	0.06	0.49
Italie		1,600	576	0.97	-0.13	1.36
Pays-Bas		1,554	652	1.08	0.38	1.58
Belgique		1,456	673	0.93	-0.20	3.01
Suisse		1,356	590	1.11	0.30	1.42
Canada		1,119	629	1.28	-0.22	0.65
Autriche		973	348	1.72	0.05	1.86
Espagne		637	215	1.42	-0.23	1.56
Inde		622	303	1.63	-0.37	0.71
Suède		501	181	1.00	-0.27	0.67
Finlande		438	176	1.49	0.08	0.99
Danemark		322	164	1.76	0.05	0.95
Australie		295	180	1.01	-0.13	0.61
Singapour		276	102	1.43	-0.21	1.06
Arabie saoudite		206	135	5.96	0.22	2.91
Israël		206	111	1.50	-0.08	0.27
Brésil		170	65	1.16	-0.18	1.39
Norvège		141	59	0.37	-0.30	0.82

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Le groupe des 15 inventeurs les plus prolifiques au niveau mondial inclut 6 européens, 5 américains et 4 asiatiques. Aucun inventeur canadien ne fait partie de ce palmarès. Neuf des dix inventeurs canadiens les plus prolifiques viennent d'Ontario, et un vient d'Alberta. La majorité est affiliée à la Xerox Corporation.

Les provinces canadiennes les plus actives dans le domaine (Tableau 20) sont l'Ontario, le Québec et l'Alberta. Parmi celles-ci, le Québec et l'Alberta ont des RC considérablement supérieurs à celui du Canada, tandis que l'Ontario a environ le même niveau que le pays. Toutes ces provinces ont un RC négatif, mais celui du Québec (-0.06) montre tout de même un certain équilibre. De plus, aucune des provinces les plus actives au pays n'est spécialisée dans le domaine.

Les matériaux composites ne constituent donc pas une force du pays. Il se situe tout de même dans la moyenne en termes de performance, sans toutefois pouvoir rivaliser avec les puissances mondiales du domaine.

Tableau 20 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des matériaux composites, céramiques et polymères (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		67,987	33,902	1.20	0.00	1.00
Amériques		23,963	14,434	1.03	0.02	0.79
Canada		1,119	629	1.28	-0.22	0.65
Alberta		166	106	1.38	-0.45	1.04
Colombie-Britannique		87	46	1.27	-0.11	0.40
Île-du-Prince-Édouard		1	0	s.o.	0.00	0.55
Manitoba		27	14	0.69	-0.30	1.03
Nouveau-Brunswick		9	6	1.25	-0.11	0.84
Nouvelle-Écosse		19	11	0.90	-0.32	1.29
Ontario		584	321	1.30	-0.25	0.66
Québec		226	108	1.54	-0.06	0.81
Saskatchewan		5	9	4.00	0.00	0.22
Terre-Neuve-et-Labrador		2	0	s.o.	-0.50	0.55
Inconnu/Territoire		279	155	0.85	-0.34	0.66

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.9 Métamatériaux

Au contraire de certaines catégories très larges incluent dans le présent exercice, le jeu de données sur les métamatériaux, des matériaux synthétiques qui possèdent des propriétés impossibles à trouver dans la nature, est quant à lui très restreint. Il inclut notamment des brevets portant sur des matériaux optiques possédant des indices de réfraction négatifs ou sur des matériaux aux propriétés mécaniques uniques tels que les matériaux auxétiques.

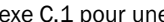
L'étroitesse conceptuelle et pratique du domaine se traduit en un niveau d'activité absolu relativement faible (Tableau 21). Par conséquent, seuls les 10 pays les plus inventifs peuvent être présentés ici. Les pays les plus inventifs sont les États-Unis (1,374 familles), le Japon (422 familles) et la République de Corée (236 familles). Le Canada est quant à lui 8^{ème} au classement, avec 95 nouvelles familles de brevet déposées entre 2003 et 2017.

Seule la Chine (RC 8.19) se démarque positivement en termes de croissance dans le domaine. La nature sporadique de sa courbe de tendance rend cependant ce RC instable. Le nombre de familles chinoises de brevets est en hausse pour 2017, année pour laquelle les données sont partielles, laisse présager que le RC pourrait encore augmenter dans les prochaines années. Trois pays, le Royaume-Uni (RC 0.69), l'Allemagne (RC 0.65) et le Japon (RC 0.54) ont vu leur inventivité diminuer au courant de la période. Le Canada (RC 1.20) se place quant à lui à la 6^{ème} position en termes de croissance parmi les 10 pays les plus inventifs. Sa croissance suit de très près la tendance mondiale dans le domaine (RC 1.13).

Les flux de PI les plus remarquables dans le domaine sont ceux de Taiwan et de la France (0.13) ainsi que celui de l'Italie (-0.21). Cependant, ceux-ci concernent de très petites quantités de familles de brevets. Le Canada a un flux légèrement négatif (-0.07), tout près de l'équilibre, ce qui est équivalent à celui de l'Allemagne. Cela est principalement dû à un faible nombre de transferts internationaux dans le domaine (3 entrants et 10 sortants).

Le Canada est considéré comme étant le quatrième pays le plus spécialisé dans le domaine (IS 1.37) parmi les pays les plus inventifs, derrière la Chine, le Royaume-Uni et la République de Corée. La France, l'Italie et l'Allemagne sont les moins spécialisés.

Tableau 21 Mesure de l'inventivité des 10 pays les plus actifs dans le domaine des métamatériaux (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		2,730	1,761	1.13	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		1,374	1,069	1.17	0.01	1.19
Japon		422	221	0.54	0.02	0.87
Rép. de Corée		236	145	1.72	0.02	1.48
Chine		186	114	8.19	-0.03	1.83
Royaume-Uni		125	93	0.69	-0.02	1.53
Taiwan		120	53	1.57	0.13	0.90
Allemagne		107	32	0.65	-0.07	0.41
Canada		95	39	1.20	-0.07	1.37
France		63	33	1.31	0.13	0.65
Italie		24	11	1.40	-0.21	0.51

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Cinq entités asiatiques et cinq entités américaines composent le top 10 des demandeurs les plus actifs du domaine. On y compte par ailleurs trois universités (l'Université de Tokyo, l'Université de Californie et

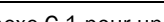
le Massachusetts Institute of Technology) ainsi qu'un individu, David R. Smith, qui est actuellement professeur à la Duke University où il travaille sur les métamatériaux électromagnétiques. Il s'agit aussi de l'un des inventeurs les plus prolifiques du domaine. Au Canada, l'entreprise Opalux (13 familles) est la seule à vraiment se démarquer dans le domaine. Les deux autres demandeurs les plus prolifiques sont des individus : André Arsenault, lui-même associé à Opalux, et Goeffrey Alan Ozin, affilié à l'Université de Toronto.

Les inventeurs les plus prolifiques (voir le recueil de données) du domaine sont en général des Américains : on en dénombre en effet 11 parmi le top 15 des inventeurs les plus prolifiques. Cependant, l'inventeur le plus prolifique est Susumu Noda, actuellement professeur affilié au laboratoire d'optoélectronique quantique de l'Université de Tokyo. Au Canada, les inventeurs les plus prolifiques (mentionnés plus haut) sont situés en Ontario et au Québec. Les inventeurs qui complètent le top 5 semblent tous liés, car ils apparaissent fréquemment sur les mêmes brevets. Ceux-ci fournissent des adresses au Québec et sont aussi parfois demandeurs des brevets, alors que l'Université Harvard est systématiquement mentionnée comme co-proprétaire de la PI.

Au Canada (Tableau 22), la majorité des travaux dans le domaine se font en Ontario (72 familles) avec une plus petite contribution provenant du Québec (23 familles). La croissance de ces deux provinces est très instable, les RC fournis doivent par conséquent être interprété avec réserve. Les deux provinces sont considérées spécialisées dans le domaine, avec des SI légèrement supérieurs à 2.

En résumé, le domaine n'est pas actuellement une force pour le Canada. Il importe cependant de mentionner que les métamatériaux semblent former un domaine encore émergent et où les performances nationales sont peut-être encore moins stabilisées que dans d'autres domaines examinés jusqu'ici.

Tableau 22 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des métamatériaux (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		2,730	1,761	1.13	0.00	1.00
Amériques		1,457	1,110	1.17	0.01	1.20
Canada		95	39	1.20	-0.07	1.37
Alberta		10	7	9.00	0.00	1.56
Colombie-Britannique		5	3	0.67	-0.20	0.57
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		1	0	s.o.	-1.00	0.95
Nouveau-Brunswick		1	1	0.00	0.00	2.31
Nouvelle-Écosse		1	0	s.o.	0.00	1.69
Ontario		72	26	1.27	-0.14	2.02
Québec		23	10	2.00	-0.22	2.05
Saskatchewan		1	0	s.o.	0.00	1.11
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		10	3	1.50	-0.20	0.59

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.10 Nanomatériaux

Le domaine des nanomatériaux trouve application dans une multitude de domaines, de leur utilisation pour créer de nouveaux matériaux composites jusqu'à la médecine. En construisant le jeu de données pour ce domaine, le but était de capter la majorité de ces champs d'application.

Sans surprise, le niveau d'inventivité dans le domaine est élevé, avec 53,868 nouvelles familles de brevets (Tableau 23) publiées au niveau mondial entre 2003 et 2017. Les pays les plus actifs sont les États-Unis (26,465 familles), la République de Corée (5,927 familles) et le Japon (5,718 familles). Le Canada (1,196 familles) se place au 9^{ème} rang en termes d'inventivité.

Les pays ayant vu leur inventivité relative augmenter le plus sont l'Arabie saoudite (RC 15.39), la Chine (RC 2.72), l'Inde (RC 2.17) et l'Espagne (RC 2.07). Certains pays, comme les Pays-Bas (RC 0.89), l'Autriche (RC 0.84) et l'Irlande (RC 0.70) ont en revanche vu leur inventivité diminuer durant la période. Le Canada (RC 1.37) suit de près la tendance mondiale du domaine (RC 1.32) et se place au 11^{ème} rang du classement en termes de croissance parmi les pays les plus productifs.

Trois pays ont des flux de PI largement positifs. Il s'agit de Taiwan (0.35), de l'Irlande (0.34) et des Pays-Bas (0.32). Dans le cas de Taiwan, ce flux est généralement en provenance de Chine, tandis qu'il est en provenance des États-Unis pour l'Irlande et des États-Unis et d'une variété de pays européens dans le cas des Pays-Bas. L'Autriche, la Belgique, l'Inde et la Russie ont cependant des flux de PI très négatifs, chacun de ces pays perdant environ 20% des familles de brevets auxquelles ils ont contribué. Le flux de PI du Canada est légèrement moins négatif, à -0.13. Comme c'est généralement le cas, les États-Unis en sont le

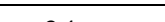
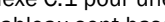
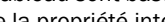
plus souvent (316 familles transférées) le pays bénéficiaire. C'est encore une fois la Xerox Corporation (206 familles) qui cause la majorité de ces transferts entre le Canada et les États-Unis.

Parmi les pays les plus inventifs, l'Arabie saoudite (IS 7.88) et Singapour (IS 2.49) sont les deux pays les plus spécialisés du domaine tandis que l'Allemagne (IS 0.57) et l'Autriche (IS 0.45) sont les moins spécialisés. Le niveau de spécialisation du Canada (IS 0.88) est sous la moyenne mondiale et le place à la 14^{ème} position du classement.

Les 25 demandeurs les plus actifs (voir le recueil de données) du domaine œuvrent dans des champs variés, de la microélectronique (par exemple Samsung et Foxconn) aux produits chimiques (par exemple DuPont). On y retrouve trois individus, qui se trouvent tous trois à être affiliés à Foxconn et qui sont aussi les trois inventeurs les plus prolifiques du domaine. Aucune entité canadienne ne se trouve dans le top 25. Au Canada, le groupe des cinq demandeurs les plus prolifiques est composé de trois organismes : le Conseil National de Recherche (1^{er} rang, 66 familles), l'Université d'Alberta (3^{ème} rang, 39 familles) et l'Université McGill (5^{ème} rang, 30 familles). À cela s'ajoutent deux individus : Nan-Xin Hu (2^{ème} rang, 39 familles) et Yiliang Wu (4^{ème} rang, 37 familles) qui sont tous deux des inventeurs associés à la Xerox Corporation.

Des 15 inventeurs les plus prolifiques du domaine, 12 proviennent d'Asie ; 9 de ceux-ci sont associés à Foxconn, et 2 à Samsung. Les 3 inventeurs restants sont des Américains. Au Canada, les 10 inventeurs les plus prolifiques viennent d'Ontario et sont associés à la Xerox Corporation.

Tableau 23 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine des nanomatériaux (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		53,868	31,071	1.32	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		26,465	17,557	1.18	0.00	1.16
Rép. de Corée		5,927	3,279	1.62	0.01	1.89
Japon		5,718	2,736	1.11	0.03	0.60
Chine		3,132	1,980	2.72	-0.04	1.57
Allemagne		2,960	1,041	0.93	-0.02	0.57
Taiwan		2,527	1,435	1.57	0.35	0.96
France		1,854	795	1.29	-0.02	0.98
Royaume-Uni		1,310	566	1.54	0.05	0.81
Canada		1,196	709	1.37	-0.13	0.88
Inde		669	338	2.17	-0.21	0.96
Pays-Bas		626	248	0.89	0.32	0.80
Belgique		597	315	1.28	-0.19	1.56
Suisse		585	242	1.04	0.08	0.77
Italie		558	219	1.23	-0.09	0.60
Singapour		514	229	1.52	-0.04	2.49
Espagne		494	172	2.07	-0.13	1.53
Israël		491	270	1.34	-0.04	0.80
Arabie saoudite		442	310	15.39	0.01	7.88
Suède		369	221	1.10	-0.05	0.62
Finlande		365	216	1.53	0.04	1.04
Australie		316	151	1.13	-0.13	0.82
Russie		242	100	0.92	-0.24	1.88
Autriche		185	66	0.84	-0.18	0.45
Danemark		179	69	1.54	-0.08	0.67
Irlande		171	55	0.70	0.34	1.26

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Au niveau provincial (Tableau 24), l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta, dans cet ordre, sont les provinces les plus actives du domaine. Parmi celles-ci, l'Alberta (RC 1.89) et la Colombie-Britannique (RC 1.76) ont vu les plus grandes augmentations relatives de leur productivité durant la période, tandis que l'Ontario (RC 1.35) et le Québec (RC 1.26) suivent de près le niveau mondial (RC 1.32). Toutes les provinces ont un flux de PI négatif prononcé mis à part le Québec qui maintient l'équilibre entre ses gains (30 familles) et ses pertes (32 familles). Les niveaux de spécialisation de l'Ontario, du Québec et de l'Alberta sont du même ordre que la référence mondiale. La Colombie-Britannique se trouve cependant légèrement sous la moyenne mondiale dans ce domaine, avec un IS de 0.83.

Malgré un IS légèrement plus faible que la moyenne dans le domaine, le Canada se positionne encore une fois comme dans le milieu du classement. Il suit de plus la tendance mondiale de croissance, ce qui laisse présager que cette situation perdurera dans les prochaines années.

Tableau 24 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des nanomatériaux (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		53,868	31,071	1.32	0.00	1.00
Amériques		27,569	18,170	1.19	-0.00	1.15
Canada		1,196	709	1.37	-0.13	0.88
Alberta		134	68	1.89	-0.14	1.06
Colombie-Britannique		144	88	1.76	-0.10	0.83
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		39	21	3.22	-0.28	1.87
Nouveau-Brunswick		11	6	2.67	-0.18	1.29
Nouvelle-Écosse		9	2	0.80	-0.22	0.77
Ontario		658	450	1.35	-0.15	0.94
Québec		231	91	1.26	-0.01	1.05
Saskatchewan		8	3	s.o.	0.00	0.45
Terre-Neuve-et-Labrador		2	0	s.o.	-0.50	0.69
Inconnu/Territoire		232	122	1.10	-0.28	0.70

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.11 Constructions

Le domaine de la construction est, pour des raisons évidentes, lié de près à celui des matériaux. Le jeu de données qui a été créé capte des brevets qui ont un lien avec la construction de bâtiments ou d'infrastructures. Par exemple, des brevets portant sur le béton renforcé, le bois d'ingénierie, les nouvelles compositions de bitume, les nouveaux matériaux d'isolation thermiques ou sonores, ou des matériaux écologiques liés au développement de villes intelligentes sont inclus.

Le niveau d'activité mondiale depuis 2003 est ici relativement faible, avec 8,211 nouvelles familles de brevets publiées au total. Le domaine a vu une croissance de 14% entre 2003–2009 et 2010–2016, ce qui est légèrement inférieur à la croissance de 23% entre les mêmes périodes dans le cas des matériaux avancés en général. Les pays les plus inventifs du domaine sont les États-Unis (3,409 familles), l'Allemagne (1,206 familles) et le Japon (528 familles). Notons au passage que la République de Corée, qui est souvent dans le top 3 mondial pour les autres domaines du champ, se retrouve ici seulement à la 7^{ème} place. Le Canada, quant à lui, est le 5^{ème} pays le plus inventif, avec 323 nouvelles familles de brevets entre 2003 et 2017, ce qui représente l'une de ses meilleures performances en termes de classement.

La croissance du Canada dans le domaine (RC 1.08) est cependant légèrement plus lente que celle du monde, ce qui le place seulement à la 11^{ème} place des pays du top 15, loin derrière la Chine (RC 2.81) et la République de Corée (RC 2.31), qui ont des nombres similaires de familles de brevets dans la même période. Sa performance excède cependant celle d'autres pays comme les Pays-Bas (RC 0.97) et Taiwan

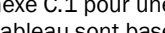
(RC 0.67) qui ont vu leur inventivité décroître. La croissance relative du Canada est aussi légèrement plus élevée que celle des États-Unis (RC 1.00), qui ont cependant un niveau d'inventivité bien plus élevé.

La Suisse et les Pays-Bas ont des flux de PI positifs élevés de 0.32 et 0.22, respectivement. Pour la Suisse, les transferts proviennent majoritairement d'Allemagne (75 familles), tandis que pour les Pays-Bas, les sources principales sont la France (17 familles), la Suède (15 familles), les États-Unis (13 familles) et le Royaume-Uni (11 familles). Dans le cas du Canada, le flux de PI est pratiquement nul (-0.06), ne tenant pas de l'équilibre entre transferts entrants (10) et sortants (30).

Les pays les plus spécialisés du domaine sont l'Autriche (IS 2.79), l'Espagne (IS 2.66) et la Belgique (IS 2.43) tandis que les moins spécialisés sont la République de Corée (IS 0.54), le Japon (IS 0.36) et Taiwan (IS 0.27). Le Canada (IS 1.55) est spécialisé dans le domaine, ce qui le place à la 7^{ème} position du classement pour cet aspect.

Le groupe des 10 demandeurs les plus prolifiques est composé de 6 entreprises européennes, 2 entreprises asiatiques et 2 entreprises américaines. Il s'agit principalement de compagnies spécialisées dans la construction ou qui possède des divisions qui le sont. L'entreprise pétrolière européenne Total apparaît aussi dans ce classement car elle développe des compositions de bitume. Au Canada, la seule entreprise à se démarquer est Vector Corrosion Technologies, au Manitoba. L'autre demandeur le plus prolifique au pays est Victor Amend, avec 13 familles. Ce dernier est aussi l'inventeur le plus prolifique au pays. Cet inventeur semble agir indépendamment de toute entreprise car il est lui-même l'unique demandeur de tous ses brevets.

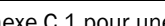
Tableau 25 Mesure de l'inventivité des 15 pays les plus actifs dans le domaine des constructions (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		8,211	3,386	1.14	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		3,409	2,087	1.00	0.02	0.98
Allemagne		1,206	207	1.11	-0.09	1.53
Japon		528	239	1.25	-0.02	0.36
France		517	158	1.23	-0.01	1.79
Canada		323	168	1.08	-0.06	1.55
Italie		313	45	1.32	-0.07	2.20
Rép. de Corée		259	115	2.31	0.01	0.54
Suisse		226	38	1.07	0.32	1.96
Chine		219	91	2.81	-0.08	0.72
Royaume-Uni		209	63	1.13	-0.11	0.85
Autriche		176	14	1.09	-0.04	2.79
Pays-Bas		148	34	0.97	0.22	1.24
Belgique		142	52	1.62	0.08	2.43
Espagne		131	15	1.02	-0.05	2.66
Taiwan		106	29	0.67	0.00	0.27

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Tableau 26 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des constructions (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		8,211	3,386	1.14	0.00	1.00
Amériques		3,762	2,258	1.01	0.01	1.03
Canada		323	168	1.08	-0.06	1.55
Alberta		34	20	1.58	-0.03	1.76
Colombie-Britannique		57	45	1.21	-0.12	2.14
Île-du-Prince-Édouard		3	1	2.00	0.00	13.70
Manitoba		21	16	1.50	0.05	6.60
Nouveau-Brunswick		2	0	0.00	-0.50	1.54
Nouvelle-Écosse		7	3	0.75	-0.14	3.94
Ontario		96	52	1.05	-0.06	0.90
Québec		53	13	0.92	-0.13	1.57
Saskatchewan		6	3	0.50	-0.33	2.22
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		105	45	0.90	-0.07	2.07

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Le classement mondial des 15 inventeurs les plus prolifiques est composé de 9 Européens, 5 Américains et 1 Canadien. L'inventeur canadien (en 15^{ème} position, avec 15 familles de brevets) est David Whitmore, du Manitoba. Il est associé à Vector Corrosion Technologies, une entreprise travaillant à réduire la corrosion du béton. Les 3 autres inventeurs les plus prolifiques au Canada proviennent de l'Ontario et de la Colombie-Britannique.

Les provinces les plus actives au Canada (Tableau 26) sont l'Ontario, la Colombie-Britannique, le Québec, l'Alberta et le Manitoba. L'Alberta (RC 1.58), le Manitoba (RC 1.50) et la Colombie-Britannique (RC 1.21) ont toutes des RC plus élevés que les moyennes mondiale et canadienne, tandis que l'Ontario (RC 1.05) et le Québec (RC 0.92) se trouvent tout juste sous la moyenne fédérale de croissance. La Colombie-Britannique et le Québec sont les deux seules provinces parmi celles-ci à avoir des flux de PI qui s'éloignent de manière marquée de l'équilibre, avec des scores de -0.12 et -0.13 respectivement. Les nombres absolus de familles dont la PI est perdue sont toutefois faibles : il s'agit en effet de transferts nets de seulement 7 familles dans les deux cas.

Il est possible de conclure que le Canada occupe une place plus importante dans cette sous-catégorie des matériaux avancés que dans la majorité des autres. Ce niveau d'activité semble distribué chez une multitude d'entités actives au pays, chacune avec de faibles nombres de familles de brevets déposées. Ceci expliquerait le fait que le pays ait été impliqué dans l'invention d'un nombre relativement élevé de familles de brevets tout en ayant un flux de PI faible, alors qu'aucun demandeur canadien majeur n'ait été découvert. Une deuxième alternative serait qu'il est relativement fréquent qu'un inventeur canadien reste

demandeur de la PI, même si elle est aussi possédée par une entité étrangère, ce qui ne créerait pas de flux (formellement du moins) de PI.

2.12 Instrumentation

Le domaine de l'instrumentation est particulièrement important pour la catégorie globale des matériaux avancés car il permet de caractériser les matériaux au cours de leur développement. Le jeu de données réunit notamment des brevets portant sur les techniques et appareils de microscopie¹², de spectroscopie et de caractérisation mécanique, électromagnétique ou optique.

Le niveau d'inventivité au niveau mondial (Tableau 27) est relativement élevé, avec 28,099 nouvelles familles de brevets déposées entre 2003 et 2017. Cependant, il n'y a pas vraiment eu de croissance dans le domaine durant cette période au niveau mondial (RC 1.06). Les pays les plus inventifs sont les États-Unis (11,193 familles), le Japon (6,902 familles) et l'Allemagne (2,877 familles). Le Canada se place à la 9^{ème} place avec 659 familles de brevets.

L'Arabie saoudite (RC 12.14) a vu la plus grande croissance relative des 25 pays les plus inventifs. Cependant, son volume absolu d'inventivité demeure faible, avec seulement 108 familles de brevets publiées durant toute la période. Les croissances de la Chine (RC 2.45) et de la République de Corée (RC 1.72) sont probablement les plus notables étant donné leurs niveaux d'inventivité de départ plus élevés. Quelques pays, notamment l'Allemagne (RC 0.94) et les États-Unis (RC 0.92) ont au contraire vu leur inventivité dans le domaine décroître entre 2003 et 2017. Le Canada (RC 1.11) suit quant à lui de près la croissance au niveau mondial, ce qui le place au 18^{ème} rang parmi les 25 pays les plus inventifs du domaine.

La Suisse est ici encore (voir notamment §2.4, §2.11 et §2.14) le pays ayant le plus grand flux de PI entrant. Celui-ci provient notamment (voir le recueil de données) des États-Unis (109 familles) et d'Allemagne (101 familles). Une multitude d'entreprises sont responsables de ces transferts. L'Inde (-0.39) et la Russie (-0.40) sont les pays qui perdent la plus grande partie de leur PI, notamment au profit des États-Unis. Le Canada, quant à lui, perd la PI de 14% de ses inventions. Comme c'est généralement le cas, les États-Unis sont le principal demandeur (137 familles) associé à ces transferts. Dans ce cas particulier, les multinationales Schlumberger (27 familles) et Olympus Corporation (16 familles) sont les principales compagnies qui alimentent ces transferts. Un fait plutôt inhabituel est qu'aucune de ces deux compagnies n'est américaine. Ces brevets ont toutefois été déposés en utilisant une adresse américaine.

Les pays les plus spécialisés dans le domaine sont l'Arabie saoudite (IS 3.69) et la Russie (IS 2.12) tandis que les moins spécialisés sont l'Italie (IS 0.46) et l'Inde (IS 0.38). Quant au Canada (IS 0.93), il est légèrement moins spécialisé que la moyenne mondiale dans le domaine. Cela le place au 15^{ème} rang en termes de spécialisation parmi les 25 pays les plus productifs.

Les 25 demandeurs les plus prolifiques du domaine incluent 12 entités asiatiques, 8 entités américaines et 5 entités européennes. Les entités canadiennes les plus productives sont loin derrière le 25^{ème} rang (occupé par une entité associée à 133 familles), car la plus active est la filiale canadienne de Honeywell, avec 24

¹² Cela inclut la microscopie optique, mais concerne surtout les techniques de microscopie avancées telles que la microscopie électronique ou la microscopie par balayage.

familles. Le Conseil National de Recherche du Canada suit, avec 22 familles. Le dernier demandeur à se démarquer est Frank Martin Haran, qui est d'ailleurs un inventeur associé à Honeywell.

Tableau 27 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'instrumentation (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		28,099	17,402	1.06	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		11,193	8,238	0.92	0.04	0.94
Japon		6,902	4,100	1.00	0.01	1.39
Allemagne		2,877	1,311	0.94	-0.06	1.07
Royaume-Uni		1,214	704	1.26	-0.04	1.45
Rép. de Corée		1,132	618	1.72	0.00	0.69
France		819	382	1.29	-0.03	0.83
Chine		743	425	2.45	-0.05	0.71
Taiwan		674	364	1.16	0.07	0.49
Canada		659	412	1.11	-0.14	0.93
Pays-Bas		628	344	1.13	0.10	1.54
Suisse		459	237	1.00	0.44	1.16
Israël		417	326	1.23	-0.08	1.31
Italie		225	88	1.38	-0.16	0.46
Autriche		225	83	1.92	-0.15	1.04
Australie		197	128	1.18	-0.10	0.98
Suède		191	89	0.81	-0.07	0.61
Finlande		188	107	1.00	0.03	1.03
Belgique		181	99	1.54	-0.11	0.90
Russie		142	77	1.17	-0.40	2.12
Espagne		139	45	1.58	-0.12	0.83
Inde		137	83	2.20	-0.39	0.38
Singapour		136	75	1.49	0.24	1.26
Arabie saoudite		108	61	12.14	-0.06	3.69
Danemark		107	52	1.48	-0.05	0.77
Irlande		77	51	0.79	-0.09	1.08

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Le groupe des 15 inventeurs les plus prolifiques est quant à lui composé de 9 inventeurs asiatiques, 3 inventeurs européens et 3 inventeurs américains. L'inventeur canadien le plus prolifique est cité sur 20 familles de moins que le 15^{ème} inventeur de ce classement (15 contre 35). Les 8 inventeurs à s'être démarqués au niveau canadien viennent de Colombie-Britannique (3), d'Alberta (2), du Québec (2) et d'Ontario (1). Les deux inventeurs québécois, mentionnés sur 11 et 7 familles respectivement, sont affiliés à l'Olympus Corporation.

Les provinces les plus actives au Canada (Tableau 28) sont, dans cet ordre, l'Ontario, le Québec, l'Alberta et la Colombie-Britannique. Parmi celles-ci, seul le Québec a un ratio de croissance (1.54) significativement supérieur à celui du Canada (1.11). Les flux de PI sont encore une fois uniformément négatifs. Cependant, celui de l'Ontario (-0.02) reflète un équilibre dans ses échanges avec les autres provinces ou pays, avec 55 familles gagnées et 59 familles perdues. Le domaine de l'instrumentation est

une spécialité de l'Alberta (IS 1.71). Le Québec (IS 1.17) et la Colombie-Britannique (IS 1.14) sont aussi légèrement spécialisés dans ce domaine tandis que l'Ontario (IS 0.71) se trouve sous les moyenne mondiale et canadienne en termes de spécialisation.

Tableau 28 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'instrumentation (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		28,099	17,402	1.06	0.00	1.00
Amériques		11,779	8,600	0.93	0.03	0.94
Canada		659	412	1.11	-0.14	0.93
Alberta		113	74	1.10	-0.24	1.71
Colombie-Britannique		104	80	1.02	-0.22	1.14
Île-du-Prince-Édouard		1	1	0.00	1.00	1.33
Manitoba		20	10	0.31	-0.30	1.84
Nouveau-Brunswick		11	8	0.25	0.18	2.47
Nouvelle-Écosse		4	0	1.00	1.00	0.66
Ontario		261	163	1.18	-0.02	0.71
Québec		135	73	1.54	-0.13	1.17
Saskatchewan		5	1	4.00	-0.20	0.54
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		149	83	0.72	-0.23	0.86

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Finalement, sans nécessairement être une des puissances mondiales dans le domaine de l'instrumentation, le Canada est tout de même un pays qui se retrouve dans les 10 plus inventifs. Il fournit aussi une concentration de ses efforts similaire au niveau mondial. Le fait que son ratio de croissance soit similaire à celui du monde signifie que son classement ne devrait pas changer prochainement, si les tendances se maintiennent.

2.13 Systèmes optiques

Les systèmes optiques sont liés au domaine des matériaux avancés sur plusieurs aspects, notamment les lasers, le verre de qualité optique, les capteurs optiques et l'électronique de faible puissance utilisant des circuits optiques. Les demandes de brevets portant sur du travail de développement de matériaux et de composantes applicables à ces aspects ont ici été incluses dans le jeu de données, à l'exception de celles qui portaient sur les lasers semi-conducteurs et qui étaient déjà incluses dans la catégorie semi-conducteurs (§2.6).

Au niveau mondial (Tableau 29), le développement est surtout concentré dans une dizaine de pays ; les plus actifs sont les États-Unis (10,485 familles), le Japon (6,657 familles), l'Allemagne (1,764 familles) et la République de Corée (1,422 familles). Le Canada (708 familles) se classe à la 9^{ème} place de ce classement.

Cet aspect des matériaux avancés est le seul, avec les semi-conducteurs (§2.6), à avoir enregistré une perte d'inventivité au niveau mondial entre les périodes 2003–2009 et 2010–2017. En effet, le RC moyen mondial est de 0.95 dans cette catégorie. Cette baisse a été causée en grande partie par des baisses dans l'inventivité de la République de Corée (RC 0.94), des États-Unis (RC 0.89) et du Japon (0.81) qui représentent lors de cette période 3 des 4 pays les plus inventifs du domaine. Le 4^e de ces pays, l'Allemagne, a quant à lui vu une croissance de 7% de son inventivité pendant la même période. Il est difficile d'expliquer ce qui a pu déclencher cette baisse généralisée dans l'inventivité des pays les plus actifs. Les trois pays qui ont les plus hautes croissances relatives sont la Chine (RC 3.94), Singapour (RC 1.71) et la Belgique (RC 1.66), qui possède toutefois encore des volumes peu élevés de familles de brevets. Le Canada, quant à lui, a un RC de 1.12, soit environ un niveau 20% plus élevé que la moyenne mondiale. Cela le place à la 8^{ème} position en termes de croissance parmi les 15 pays les plus inventifs.

Les pays qui ont les flux de PI les plus élevés sont Singapour (0.51) et les Pays-Bas (0.41). Dans les deux cas, les États-Unis sont le plus grand contributeur individuel. Les pays ayant les plus faibles flux de PI sont quant à eux la Belgique et le Canada (-0.19). Les transferts du Canada se font en général vers les États-Unis (150 familles) et, de manière moins habituelle, vers la Chine (71 familles). Les transferts vers les États-Unis sont l'œuvre de différentes entreprises (notamment Ciena Corporation, JDS Uniphase Corporation, Lumentum Operations et Corning), tandis que ceux vers la Chine semblent plutôt être uniquement causés par Huawei¹³.

Les pays les plus spécialisés dans le domaine sont Singapour (IS 1.69), le Japon (IS 1.49) et le Canada (IS 1.11) tandis que les moins spécialisés sont Taiwan (IS 0.75), l'Allemagne (IS 0.73) et l'Italie (IS 0.73). Cela représente donc une bonne performance du Canada, qui se place au 3^{ème} rang en termes de spécialisation parmi les 15 pays les plus inventifs.

Au niveau des demandeurs de brevets les plus prolifiques, on dénombre parmi le top-25 : 16 entreprises asiatiques, 6 entreprises américaines et 3 entreprises européennes. Aucune entreprise canadienne ne se trouve près des volumes atteints par ces sociétés. Le plus prolifique demandeur canadien est BlackBerry (Ontario), avec 29 familles de demandes de brevets. Pour comparaison, la 25^{ème} société du top 25 a déposé 150 familles de demandes de brevets durant la même période, ce qui représente 5.2 fois plus d'inventions que pour BlackBerry. Les autres entités présentes dans le classement canadien sont Nortel Networks (Québec), qui n'existe plus mais avait précédemment déposé des demandes de brevets durant la période d'intérêt, l'Institut National d'Optique (Québec), l'Université de Toronto (Ontario) et Opalux (Ontario).

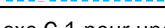
Parmi les 15 inventeurs les plus prolifiques du domaine, on dénombre 6 Asiatiques, 4 Américains et ce qui est assez unique, 5 Canadiens. Quatre de ces cinq Canadiens sont cependant associés à Huawei et un est associé à Corning. Au Québec, deux inventeurs ressortent du lot et se placent au 6^{ème} et 7^{ème} rangs du classement canadien. Un est affilié à Ericsson et l'autre à JDS Uniphase Corporation. Il est donc intéressant de constater qu'il y a certains inventeurs très prolifiques dans le domaine au Canada, mais que rares sont ceux qui sont affiliés à une entreprise canadienne. En fait, seuls les inventeurs en 9^{ème} et 10^{ème} place de ce top 10 canadien sont affiliés à des sociétés canadiennes.

¹³ Huawei possède un nombre élevé de brevets en lien avec les télécoms, notamment en fibre optique, ce qui explique leur présence dans cette catégorie.

Au niveau provincial (Tableau 30), il est clair que les contributions proviennent majoritairement d'Ontario et du Québec, avec des contributions moins nombreuses d'Alberta et de Colombie-Britannique. L'Ontario, le Québec et la Colombie-Britannique suivent de près la croissance moyenne du pays, tandis que l'Alberta a un ratio de croissance (1.00) plus faible que la moyenne. L'Alberta est aussi la province avec le plus faible flux de PI (-0.40), ce qui pourrait être expliqué en grande partie par l'activité de Corning dans la province. La situation est différente au Québec, qui enregistre un flux de PI de -0.05, ce qui représente un équilibre entre les gains et les pertes de PI dans la province.

Le Canada semble avoir en tout et pour tout un certain potentiel dans ce domaine. Malgré le fait que son classement en termes de nombres de brevets le place uniquement en 9^{ème} position, plusieurs des inventeurs les plus prolifiques au monde y sont actifs, et son indice de spécialisation dans le domaine est parmi les plus élevés de l'ensemble de pays examinés. De plus, le pays enregistre une croissance 12% dans son inventivité alors que l'inventivité globale diminue de 5% pour la même période. Il n'est donc pas impossible que la part des inventeurs canadiens devienne plus importante dans ce domaine dans les années futures.

Tableau 29 Mesure de l'inventivité des 15 pays les plus actifs dans le domaine des systèmes optiques (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		25,271	17,195	0.95	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		10,485	8,673	0.89	0.02	0.98
Japon		6,657	4,109	0.81	0.01	1.49
Allemagne		1,764	815	1.07	-0.09	0.73
Rép. de Corée		1,422	758	0.94	0.00	0.96
Taiwan		926	591	1.23	0.03	0.75
France		869	485	1.08	0.09	0.98
Royaume-Uni		779	519	0.96	0.00	1.03
Chine		728	423	3.94	0.08	0.78
Canada		708	502	1.12	-0.19	1.11
Italie		317	209	1.09	-0.14	0.73
Israël		293	173	1.12	-0.12	1.02
Pays-Bas		289	147	1.23	0.41	0.79
Suisse		282	154	1.34	-0.05	0.79
Belgique		185	94	1.66	-0.19	1.03
Singapour		164	95	1.71	0.51	1.69

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Tableau 30 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des systèmes optiques (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		25,271	17,195	0.95	0.00	1.00
Amériques		11,101	9,069	0.90	0.01	0.99
Canada		708	502	1.12	-0.19	1.11
Alberta		52	37	1.00	-0.40	0.87
Colombie-Britannique		58	39	1.08	-0.16	0.71
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		5	1	0.00	-0.40	0.51
Nouveau-Brunswick		4	1	0.33	-0.25	1.00
Nouvelle-Écosse		2	1	1.00	-0.50	0.37
Ontario		447	338	1.19	-0.23	1.35
Québec		153	100	1.12	-0.05	1.48
Saskatchewan		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Terre-Neuve-et-Labrador		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Inconnu/Territoire		148	94	0.46	-0.36	0.95

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.14 Environnement

La protection et la restauration de l'environnement est l'un des plus grands enjeux auquel l'humanité fait face actuellement. Les défis techniques soulevés par cette problématique impliquent le développement de matériaux avancés. On peut penser par exemple au développement de membranes de filtrations pour l'air et l'eau, ou au développement de matériaux et de méthodes capables de capturer le CO₂ présent dans l'air, mais aussi aux procédés de recyclage basés sur des capteurs qui ne pourraient exister si ce n'était pas du développement sous-jacent des matériaux. Paradoxalement, les matériaux avancés peuvent eux-mêmes poser un risque environnemental, par exemple par leur présence dans des produits électroniques arrivant à la fin de leur vie utile. Cette situation appelle elle-même au développement de nouvelles techniques de recyclage adaptées. Finalement, les nouveaux procédés et produits chimiques développés dans le cadre de la chimie verte sont aussi d'intérêt dans cette sphère d'activité. Les brevets concernant tous ces concepts ont donc été inclus dans le jeu de données actuel.

Les pays les plus actifs au monde pour la période 2003–2017 (Tableau 31) sont les États-Unis (10,389 familles), le Japon (5,828 familles) et l'Allemagne (2,748 familles). Le Canada (814 familles) se positionne au septième rang du classement.

Tableau 31 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'environnement (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		26,060	13,302	1.30	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		10,389	6,508	1.32	0.03	0.94
Japon		5,828	2,881	1.12	-0.00	1.26
Allemagne		2,748	1,093	1.08	-0.05	1.10
Rép. de Corée		1,183	578	2.51	0.00	0.78
France		1,089	374	1.29	-0.00	1.18
Royaume-Uni		858	407	1.28	-0.02	1.10
Canada		814	434	1.26	-0.11	1.23
Chine		684	300	2.87	-0.11	0.71
Pays-Bas		504	176	1.42	0.06	1.34
Taiwan		491	159	0.97	0.00	0.39
Italie		439	118	1.37	-0.15	0.97
Suisse		332	121	1.13	0.83	0.91
Inde		327	138	2.66	-0.40	0.97
Australie		275	105	1.05	-0.05	1.48
Suède		264	105	1.29	-0.09	0.92
Arabie saoudite		226	187	13.79	0.02	8.33
Belgique		197	73	1.92	-0.29	1.06
Israël		196	86	1.85	-0.07	0.66
Autriche		178	57	1.26	-0.06	0.89
Norvège		177	83	1.57	-0.10	2.70
Espagne		147	44	1.31	-0.17	0.94
Singapour		144	58	2.89	-0.08	1.44
Danemark		140	54	1.26	-0.01	1.08
Finlande		109	35	2.48	-0.02	0.64
Russie		95	37	1.33	-0.16	1.53

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Plusieurs pays ont ici largement excédé la croissance moyenne mondiale (RC 1.30). Cependant, la majeure partie d'entre eux a un nombre de familles de brevets plutôt faible, ce qui rend un tel phénomène possible. Une croissance impressionnante est toutefois celle de la République de Corée (RC 2.51), qui a plus que doublé son inventivité et ce malgré un niveau de départ relativement élevé. L'inventivité de ce pays semble cependant avoir atteint un plateau entre 2014 et 2016. L'Allemagne (RC 1.08), l'Australie (RC 1.05) et Taiwan (RC 0.97) sont les pays qui ont les plus faibles RC pour la même période. Le Canada a quant à lui un RC de 1.26, approximativement équivalent à la moyenne mondiale, ce qui le place au 20^{ème} rang par rapport au RC parmi les 25 pays les plus productifs.

En ce qui concerne le flux net de PI, seule la Suisse se démarque positivement des autres pays, avec une valeur de 0.83. La majorité de ces gains proviennent des États-Unis (142 familles) et d'Allemagne (98 familles). Dans le cas du Canada, le flux de PI (-0.11) est négatif et généralement dirigé vers les États-Unis (127 familles). Les demandeurs associés à ces transferts sont diversifiés, mais dans 19% des cas (24 familles), il s'agit de la General Electric Company.

Finalement, les pays les plus spécialisés sont l'Arabie saoudite (IS 8.33) et la Norvège (IS 2.70) tandis que les moins spécialisés sont la Finlande (IS 0.64) et Taiwan (IS 0.39). Le Canada est modérément spécialisé dans le domaine, avec un IS de 1.23 qui le place à la 8^{ème} place par rapport à la spécialisation parmi les 25 pays les plus inventifs.

Parmi les 25 demandeurs les plus prolifiques du domaine, on retrouve 12 entités asiatiques, 8 entités européennes et 5 entités américaines. On retrouve notamment dans ce palmarès la majorité des constructeurs automobiles mondiaux. Cela peut sembler paradoxal vu le domaine examiné, mais ces entreprises déposent des brevets portant sur le nettoyage des gaz d'échappement des voitures à essence. Les entités canadiennes les plus représentées sont CO2 Solutions et Cansolv Technologies, toutes deux du Québec. Deux autres entreprises, de la Colombie-Britannique cette fois, sont aussi présentes au palmarès. Les deux dernières entités sont « La Couronne », qui représente les brevets possédés par le gouvernement du Canada ainsi que l'Université de Regina, en Saskatchewan.

Les inventeurs les plus prolifiques du domaine (voir le recueil) sont en général associés à des constructeurs automobiles, majoritairement Toyota et Mitsubishi. Il n'est donc pas étonnant de voir que le top 15 mondial des inventeurs est constitué de 12 Japonais et de 3 Américains. Les trois inventeurs canadiens se démarquant proviennent d'Ontario, du Québec et de Colombie-Britannique et sont respectivement affiliés à Zenon Technology Partnership, CO2 Solutions et Svante.

Les provinces les plus actives au Canada sont (Tableau 32) l'Ontario, l'Alberta, le Québec et la Colombie-Britannique. Au niveau de la croissance, seule l'Alberta se démarque du reste du pays, avec un RC de 1.85, soit 1.4 fois la moyenne de croissance canadienne. Deux provinces se démarquent au niveau de flux de PI : le Québec (-0.01) et l'Ontario (-0.18). Encore une fois, le Québec a un flux pratiquement nul parce que ses gains (21 familles) compensent presque totalement ses pertes (23 familles). Ce n'est pas le cas de l'Ontario, qui perd plus de familles (72) qu'elle n'en gagne (31). Finalement, l'Alberta (SI 2.63) se démarque au niveau de la spécialisation. C'est la seule province, avec l'Ontario qui se trouve un peu derrière elle, à s'éloigner de manière significative de la moyenne canadienne.

Finalement, la position du Canada est encore approximativement la même que pour les autres sujets des matériaux avancés. Le pays figure au top 10 mondial en termes d'inventivité. Comme sa croissance suit approximativement celle du monde, cette position ne devrait pas changer de manière drastique au courant des prochaines années, quoique le dépassement par la Chine semble inévitable prochainement.

Tableau 32 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'environnement (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		26,060	13,302	1.30	0.00	1.00
Amériques		11,164	6,912	1.32	0.02	0.96
Canada		814	434	1.26	-0.11	1.23
Alberta		161	77	1.85	-0.13	2.63
Colombie-Britannique		123	65	1.32	-0.06	1.46
Île-du-Prince-Édouard		1	0	s.o.	-1.00	1.44
Manitoba		9	5	0.50	0.11	0.89
Nouveau-Brunswick		6	3	1.00	-0.33	1.45
Nouvelle-Écosse		16	6	4.33	-0.31	2.84
Ontario		320	185	1.22	-0.18	0.94
Québec		143	68	1.26	-0.01	1.34
Saskatchewan		15	10	1.14	-0.13	1.75
Terre-Neuve-et-Labrador		2	1	s.o.	-1.00	1.43
Inconnu/Territoire		224	117	0.91	-0.21	1.39

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.15 Traitement de surface

Le traitement de surface couvre toute modification faite à la surface d'un matériau pour en améliorer les propriétés. Il peut par exemple s'agir de traitements permettant d'améliorer la résistance à la corrosion d'un matériau métallique, ou de traitements améliorant plutôt sa résistance mécanique. De nouveaux types de traitement basés sur des revêtements ayant la capacité de se réparer sans intervention humaine sont aussi d'intérêt dans cette catégorie. Le jeu de données inclut ainsi des brevets où le traitement de surface effectué soit sur un matériau brut ou un produit fini est de grande importance.

Au niveau mondial (Tableau 33), les pays les plus productifs sont les États-Unis (11,921 familles), le Japon (7,924 familles), et l'Allemagne (4,344 familles). Le Canada se retrouve à la 10^{ème} position du classement, avec 561 familles.

Les pays parmi les 15 plus inventifs du domaine et qui ont vu leur croissance relative augmenter le plus durant la période sont la Chine (RC 3.56) et la République de Corée (RC 1.75). À l'autre extrémité du spectre, on observe que la Belgique (RC 0.72) et la Suède (RC 0.62) ont perdu une part de leur volume d'inventivité au courant des dernières années. Ce ne sont pas les seuls pays à avoir vu une baisse d'inventivité : 7 des 15 pays les plus inventifs, dont l'Allemagne et les États-Unis ont des RC sous 1. Le Canada se trouve aussi à être dans cette dernière catégorie, avec un RC de 0.97 qui le place au 10^{ème} rang en termes de croissance. Cela indique toutefois une certaine stabilité plutôt qu'une véritable descente majeure.

Deux pays se démarquent au niveau de leur flux de PI : la Suisse (0.19) et l'Autriche (-0.18). Dans le cas de la Suisse, comme c'était le cas dans plusieurs autres catégories, la plus grande contribution aux transferts entrants (121 familles) provient d'inventeurs allemands. Dans le cas de l'Autriche, la plus grande perte de PI se fait au profit de l'Allemagne (44 familles). Le Canada, quant à lui a un flux de PI de -0.13, généralement dirigé vers les États-Unis (111 familles). C'est la Xerox Corporation qui est encore la principale instigatrice de cette perte de PI pour le Canada.

Finalement, les pays les plus spécialisés dans le domaine sont l'Allemagne (IS 1.41), le Japon (IS 1.39) et la Suisse (IS 1.33). Les moins spécialisés sont l'Italie (IS 0.77), les Pays-Bas (IS 0.76) et le Canada (IS 0.69), qui est le pays le moins spécialisé parmi les 15 pays les plus inventifs.

Au plan des demandeurs les plus prolifiques, on dénombre 13 entités asiatiques, 7 entités américaines et 5 entités européennes. Il s'agit généralement soit d'entreprises spécialisées dans les métaux, ou de constructeurs automobiles. Quelques compagnies actives dans multiples secteurs, comme Samsung et LG, font aussi partie des 25 entités les plus prolifiques. Au Canada, les cinq entités les plus prolifiques viennent soit du Québec (Pratt & Whitney Canada) ou d'Ontario (NRC Canada, Magna International, Nan-Xing Hu et Integran Technologies). Notons au passage que Nan-Xing Hu est aussi l'inventeur du Canada au plus haut volume de mentions d'invention dans ce domaine. Il est affilié à la Xerox Corporation, comme tous les inventeurs canadiens qui se démarquent dans le domaine.

Au niveau mondial, des 15 inventeurs les plus prolifiques, 7 sont américains, 6 sont asiatiques et 3 sont européens. Ils sont en général associés à l'une de deux compagnies : Foxconn et la General Electric Company.

Au niveau canadien (Tableau 34), on remarque que les provinces les plus inventives dans le domaine sont l'Ontario, le Québec, l'Alberta et la Colombie-Britannique. L'Alberta (RC 1.21) et la Colombie-Britannique (RC 0.65) sont les deux seules provinces qui s'éloignent de manière marquée du RC moyen du pays. La situation au niveau du flux de PI est similaire à celles précédemment observées pour plusieurs autres champs, c'est-à-dire que le Québec atteint un équilibre entre ses gains et ses pertes de PI (flux de -0.02) alors que l'Ontario voit une perte nette significative (-0.14). Finalement, aucune des provinces n'est spécialisée dans le domaine, les IS variant entre 0.85 pour l'Alberta et 0.56 pour la Colombie-Britannique.

Ces informations démontrent que le Canada n'a pas de réelle affinité avec le domaine du traitement de surface. Son indice de spécialisation est plutôt faible, et son positionnement en termes d'inventivité à la 10^{ème} place mondiale est légèrement inférieure à sa position au niveau des matériaux avancés en général.

Tableau 33 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine du traitement de surface (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		32,149	15,130	1.09	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		11,921	6,789	0.95	0.03	0.88
Japon		7,924	3,868	1.10	-0.00	1.39
Allemagne		4,344	1,290	0.98	0.01	1.41
Rép. de Corée		1,785	792	1.75	-0.01	0.95
Taiwan		1,331	551	1.30	-0.02	0.85
France		1,215	446	1.36	-0.10	1.07
Chine		971	402	3.56	-0.13	0.81
Royaume-Uni		758	367	1.09	-0.04	0.79
Suisse		599	238	0.91	0.19	1.33
Canada		561	275	0.97	-0.13	0.69
Italie		429	104	1.15	-0.09	0.77
Suède		425	215	0.62	0.02	1.20
Pays-Bas		356	135	1.24	0.07	0.76
Autriche		295	113	0.88	-0.18	1.19
Belgique		276	89	0.72	-0.12	1.20

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Tableau 34 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine des traitements de surface (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		32,149	15,130	1.09	0.00	1.00
Amériques		12,444	7,031	0.96	0.02	0.87
Canada		561	275	0.97	-0.13	0.69
Alberta		64	38	1.21	-0.11	0.85
Colombie-Britannique		58	18	0.65	-0.09	0.56
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		2	0	0.00	0.50	0.16
Nouveau-Brunswick		1	1	s.o.	-1.00	0.20
Nouvelle-Écosse		4	2	0.00	-0.25	0.58
Ontario		284	151	1.12	-0.14	0.68
Québec		110	49	1.12	-0.02	0.83
Saskatchewan		1	0	s.o.	0.00	0.09
Terre-Neuve-et-Labrador		1	0	s.o.	0.00	0.58
Inconnu/Territoire		161	59	0.74	-0.25	0.81

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

2.16 Extraction et traitement des minéraux

La dernière catégorie concerne l'extraction et le traitement des minéraux dans le secteur minier. Sans ce secteur, beaucoup du développement d'alliages métalliques serait tout simplement impossible. Ici, on s'intéresse aux brevets portant sur des manières améliorées d'avoir accès aux minéraux (par exemple des têtes de forages plus solides et donc plus efficaces) ou sur des procédés métallurgiques améliorés.

Au niveau mondial (Tableau 35), les pays les plus productifs sont les États-Unis (3,287 familles), le Japon (1,020 familles) et l'Allemagne (718 familles). Le Canada réalise ici sa meilleure performance relativement aux autres pays, en se classant au 4^{ème} rang du volume d'inventivité (406 familles). Remarquons aussi la présence de l'Afrique du Sud (33^{ème} rang au niveau des matériaux avancés en général) et du Chili (40^{ème} rang global au niveau des matériaux avancés) parmi les 15 pays les plus inventifs au monde dans le domaine, ce qui correspond à des performances exceptionnelles pour ces pays.

En termes de croissance, les pays se démarquant sont la Chine (RC 4.27) et la République de Corée (RC 1.99), avec des croissances relatives moyennes beaucoup plus accentuées que la moyenne mondiale (RC 1.23). Cette croissance semble cependant s'être interrompue pour les deux pays autour de 2013. À l'autre extrémité du spectre, l'Australie a plutôt vu une diminution de 28% de son inventivité durant la même période. Quant au Canada (RC 1.21), il a vu son inventivité augmenter au même rythme que la moyenne mondiale, ce qui le positionne à la 9^{ème} place parmi les 15 pays les plus productifs.

Tableau 35 Mesure de l'inventivité des 25 pays les plus actifs dans le domaine de l'extraction et du traitement des minéraux (2003–2017)

Pays	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		7,899	4,517	1.23	0.00	1.00
États-Unis d'Amérique		3,287	2,493	1.25	0.02	0.99
Japon		1,020	490	1.30	0.00	0.73
Allemagne		718	258	1.11	-0.10	0.95
Canada		406	242	1.21	-0.05	2.03
Australie		353	153	0.72	-0.06	6.27
Royaume-Uni		326	141	1.50	-0.11	1.38
France		282	124	1.58	-0.03	1.01
Chine		252	144	4.27	-0.03	0.86
Rép. de Corée		212	113	1.99	-0.00	0.46
Finlande		194	101	1.53	0.24	3.78
Afrique du Sud		175	80	1.12	-0.24	26.59
Autriche		148	46	0.90	-0.07	2.44
Italie		122	42	0.97	0.00	0.89
Luxembourg		103	46	1.32	0.83	28.42
Chili		102	54	0.96	-0.09	45.45

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

En ce qui a trait au flux de PI, les pays se démarquant le plus par leurs gains sont le Luxembourg (0.83) et la Finlande (0.24). Le plus grand contributeur (voir le recueil de données) au flux entrant du

Luxembourg est l'Afrique du Sud (48 familles) tandis que pour la Finlande, il s'agit de l'Allemagne. Le pays perdant la plus grande proportion de sa PI est l'Afrique du Sud, principalement au profit du Luxembourg, de l'Irlande et des États-Unis. Le flux de PI du Canada est quant à lui plutôt équilibré (-0.05), avec 39 familles gagnées et 59 familles perdues. Les échanges dans les deux directions se font principalement avec les États-Unis et sont alimentés par une multitude d'entités pour de faibles nombres de brevets.

Au niveau de la spécialisation, on remarque que trois pays se démarquent particulièrement : le Chili (IS 45.45), le Luxembourg (IS 28.42) et l'Afrique du Sud (26.59). De telles valeurs d'IS sont rarement atteintes, il s'agit donc là d'une réelle concentration des efforts dans ces domaines à des échelles nationales. Cela n'est pas vraiment étonnant pour le Chili et l'Afrique du Sud considérant la grande importance économique du secteur minier pour ces pays. Dans le cas du Luxembourg, cela est dû en grande partie aux activités du groupe De Beers¹⁴ et de Paul Wurth S.A.¹⁵ dans le pays. Il faut toutefois remarquer que l'inventivité de l'Afrique du Sud dans le domaine est en déclin depuis 2013 et quasi-nulle depuis 2015, ce qui présage une baisse de leur IS dans les années à venir. Le Canada, quant à lui, a un SI de 2.03 dans le domaine, ce qui indique qu'il est spécialisé par rapport au reste du monde. Il s'agit en fait de l'IS le plus élevé obtenu par le Canada parmi tous les sous-secteurs du champ des matériaux avancés.

Le groupe des 15 demandeurs de brevets les plus actifs du domaine est composé de 5 entités américaines, 5 entités européennes et 5 entités asiatiques. Le demandeur le plus prolifique est la General Electric Company, principalement grâce à sa filiale Baker Hughes, qui, bien qu'elle soit active dans les domaines de l'exploration pétrolière et non dans l'industrie minière à proprement parler, possède une grande quantité de brevets portant sur des outils de forage. Aucune entité canadienne ne fait partie des demandeurs les plus prolifiques. Les trois entités qui se démarquent à l'échelle canadienne sont Hatch (16 familles, Ontario), Barrick Gold Corporation (15 familles, Ontario) et Orbite (15 familles, Québec).

Treize des quinze inventeurs les plus prolifiques viennent quant à eux des États-Unis. Les deux autres sont un Japonais (33 familles, 13^{ème} rang mondial) et un Luxembourgeois (32 familles, 14^{ème} rang mondial). Les deux Canadiens les plus prolifiques viennent quant à eux du Québec et sont affiliés à Orbite. Ils ont respectivement 18 et 14 familles de brevets. Trois autres Canadiens se démarquent. Un est professeur à l'Université de Colombie-Britannique et s'intéresse à l'hydrométallurgie, tandis que les deux autres sont Ontariens et sont affiliés respectivement à la Barrick Gold Corporation et à Ortech.

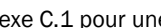
À l'échelle canadienne (Tableau 36), les provinces les plus actives sont l'Ontario, le Québec, l'Alberta et la Colombie-Britannique. Les provinces qui ont vu leur inventivité augmenter le plus durant la période 2003–2017 sont le Québec (RC 2.09) et la Colombie-Britannique (RC 1.89) tandis que l'Alberta (RC 1.12) et l'Ontario (RC 1.04) ont plutôt vu des croissances inférieures à la moyenne mondiale. La Colombie-Britannique et le Québec ont des flux de PI légèrement positifs tandis que ceux de l'Ontario et l'Alberta sont légèrement négatifs. Finalement, les provinces les plus spécialisées sont l'Alberta (IS 3.98) et le Québec (IS 3.27).

¹⁴ Le groupe De Beers est une entreprise active dans l'exploitation de mines de diamant dont le siège social est situé au Luxembourg.

¹⁵ Paul Wurth S.A. est une entreprise d'ingénierie luxembourgeoise active dans le domaine des machines utilisées en sidérurgie.

Finalement, nous pouvons constater que le secteur minier semble être une force du Canada. En effet, son inventivité relative est la meilleure enregistrée pour une sous-catégorie des matériaux avancés. Le pays est aussi l'un des plus spécialisés du domaine et suit la tendance de croissance globale. Cette croissance a été alimentée principalement par des augmentations marquées de l'inventivité du Québec et de la Colombie-Britannique durant la période d'intérêt.

Tableau 36 Mesure de l'inventivité des provinces canadiennes dans le domaine de l'extraction et du traitement des minéraux (2003–2017)

Pays/Province	Tendance	Familles de brevets	Brevets actifs	Ratio de croissance	Flux de PI	Indice de spécialisation
Monde		7,899	4,517	1.23	0.00	1.00
Amériques		3,835	2,795	1.22	0.01	1.09
Canada		406	242	1.21	-0.05	2.03
Alberta		74	40	1.12	-0.11	3.98
Colombie-Britannique		53	40	1.89	0.06	2.07
Île-du-Prince-Édouard		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Manitoba		3	3	2.00	-0.33	0.98
Nouveau-Brunswick		8	3	0.14	-0.75	6.39
Nouvelle-Écosse		0	0	s.o.	s.o.	0.00
Ontario		155	105	1.04	-0.10	1.50
Québec		106	55	2.09	0.03	3.27
Saskatchewan		5	3	0.67	0.80	1.92
Terre-Neuve-et-Labrador		1	0	0.00	-1.00	2.36
Inconnu/Territoire		118	67	1.23	-0.30	2.42

Note: Voir l'annexe C.1 pour une définition complète de chaque indicateur utilisé. Certains indicateurs ne peuvent pas être calculés lorsque le nombre de familles de brevets est insuffisant. Les statistiques présentées dans ce tableau sont basées sur les inventeurs plutôt que sur les demandeurs de brevets à l'exception du flux de la propriété intellectuelle (PI) qui tient compte de ces deux dimensions. À l'exception des brevets actifs, toutes les statistiques portent sur les demandes de brevet plutôt que sur les brevets délivrés. Le ratio de croissance est calculé à partir des nombres de familles de brevets pour les périodes 2010–2016 et 2003–2009.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

3 Conclusion

La position du Canada au niveau des matériaux avancés est maintenant établie. On constate que le pays est fréquemment présent parmi les dix pays les plus inventifs des différents sous-domaines des matériaux avancés. Il se retrouve d'ailleurs au 9^{ème} rang mondial en termes d'inventivité et au 11^{ème} rang en termes de recherche scientifique au niveau des matériaux avancés en général pour la période 2003–2017. Deux exceptions à cette règle en termes de volume d'inventivité sont les domaines des métaux (12^{ème} rang mondial) et des polymères, céramiques et composites (13^{ème} rang mondial). La meilleure position relative du pays en termes d'inventivité est sa 4^{ème} place mondiale obtenue dans le domaine de l'extraction et du traitement des minéraux. Les pays les plus inventifs sont généralement les États-Unis et le Japon, qui occupent, sauf pour de rares exceptions, les deux premières places du classement.

La croissance du volume d'inventivité au pays par sous-domaine suit généralement la tendance mondiale. Le domaine où la croissance du pays est la plus grande relativement à celle du monde est l'impression 3D, avec un RC de 4.39 comparé à la moyenne déjà très élevée de 3.22 au niveau mondial. Cela représente une croissance relative de son inventivité qui est 1.4 fois plus rapide que la moyenne mondiale. Le Canada n'a pas vu son inventivité décroître de façon significative pour aucun des sous-domaines examinés.

Le flux de PI net du pays est généralement négatif, ce qui signifie qu'une partie des inventions faites au pays sont déposés par des entités étrangères et que la situation inverse n'est pas assez fréquente pour contrebalancer les pertes. Le cas de transfert le plus fréquemment observée est celui d'une application mentionnant un inventeur canadien et un demandeur américain. Le domaine de l'impression 3D est celui où la perte relative au nombre d'inventions faites au pays est la plus grande, avec 36% des inventions ensuite détenues à l'étranger. Dans certains domaines, comme la construction ou le secteur minier, le pays atteint pratiquement l'équilibre entre ses gains et ses pertes, mais il n'enregistre jamais un flux de PI positif.

Finalement, le Canada n'est pas spécialisé dans le domaine général des matériaux avancés. Son IS est de 0.80, ce qui signifie que la proportion de nouvelles familles de brevets inventées au pays est inférieure de 20% à la même proportion à l'échelle du monde. Le pays est notamment spécialisé dans quelques sous-champs, notamment le secteur minier (IS 2.04), le secteur des constructions (IS 1.55) et celui des métamatériaux (IS 1.38). Il est en revanche particulièrement sous-spécialisé dans les domaines des transports (IS 0.55) et des semi-conducteurs (IS 0.57).

L'inventivité dans le domaine des matériaux avancés au Canada est particulièrement concentrée dans quatre provinces : l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta. Les mêmes provinces sont aussi celles qui contribuent le plus à la littérature scientifique au pays. L'Ontario est la province la plus inventive dans tous les 15 sous-domaines et le Québec est généralement la deuxième. La Colombie-Britannique est toutefois plus inventive que le Québec dans les domaines des constructions, de l'environnement, de l'énergie et des semi-conducteurs. Parmi ces quatre provinces, l'Alberta est celle qui démontre le plus grand facteur de spécialisation pour une certaine catégorie, avec un IS de 3.98 dans le secteur minier. Il s'agit aussi du sous-champ où le Québec est le plus spécialisé alors qu'il s'agit des métamatériaux pour l'Ontario et du domaine des constructions pour la Colombie-Britannique.

Le pays a donc en tout et pour tout du potentiel dans certains domaines, particulièrement dans les domaines émergents de l'impression 3D et des métamatériaux. Dans le domaine de l'optique, des

inventeurs canadiens sont parmi les plus prolifiques du monde. Cependant, le pays semble avoir de la difficulté à conserver la PI qu'il crée au pays dans ce domaine comme dans plusieurs autres, ce qui pourrait représenter un obstacle au développement économique. Finalement, le pays semble bien établi dans le secteur minier, qui représente probablement à l'heure actuelle sa plus grande force relative aux autres pays en termes d'innovation dans le domaine des matériaux avancés.

Annexe A - Données additionnelles

A.1 Tendances globales dans la publication de demandes de brevet

Il peut être intéressant de comparer les tendances observées dans les différents domaines étudiés aux tendances générales observées dans les demandes de brevet indexées dans PATSTAT pour tous les domaines confondus. Ici, ces nombres sont présentées au niveau des familles simples DOCDB de demandes de brevet déposées à l'USPTO et à l'OEB.

Tableau 37 Tendances globales dans le nombre de familles DOCDB

Année	Nombre de nouvelles familles DOCDB
2003	271,303
2004	289,215
2005	309,866
2006	313,266
2007	312,441
2008	306,069
2009	284,706
2010	289,371
2011	308,380
2012	322,187
2013	336,811
2014	338,051
2015	335,441
2016	318,541
2017	201,468

Note: L'année 2017 est incluse même si les délais d'indexation font que le nombre n'est pas encore définitif. C'est pourquoi il est inscrit en gris.

Source: Préparé par Science-Metrix en utilisant des données de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'United States Patent and Trademark Office (USPTO) dérivées de Patstat, édition printemps 2019

Les informations du Tableau 37 permettent de calculer le ratio de croissance général pour toutes les familles déposées à l'USPTO et à l'OEB. Ce dernier est égal à 1.08 entre 2003–2009 et 2010–2016, soit une hausse de 8%.

Annexe B - Méthodologie

B.1 Création des ensembles de données de brevets

Dans le cadre de ce projet, le domaine des matériaux avancés a été divisé en 15 sujets d'étude plus spécifiques (c'est-à-dire en sous-domaines ou sous-thématiques). Pour chacun de ces sujets, la première tâche à accomplir était de rassembler les brevets pertinents dans des ensembles de données qui allaient pouvoir servir à calculer les statistiques nécessaires. L'édition printemps 2019 de la base de données PATSTAT a été choisie pour réaliser ces ensembles. Elle rassemble les données d'une multitude d'offices de brevets nationaux avec une excellente couverture. Dans le cas actuel, les données de l'OEB et de l'USPTO sont utilisées. Les titres et les résumés des demandes de brevet y sont aussi indexés, ce qui rend cette base de données particulièrement utile au niveau de la création des ensembles de données car elle permet alors des recherches par mots-clés.

Une recherche purement par mots-clés, même si elle permet normalement l'atteinte d'une précision élevée, s'avère habituellement longue et coûteuse : des centaines, voire des milliers, de requêtes doivent être écrites et le contenu qu'elles retournent doit être vérifié avec grande minutie. De plus, comme plusieurs brevets utilisent du langage très vague, il peut être difficile d'obtenir une bonne couverture d'un domaine en utilisant seulement cette approche. Par exemple, un brevet pourrait avoir le titre « *Semiconductor Device* » et ne pas avoir de résumé indexé dans PATSTAT. Dans le cas hypothétique où ce dispositif est en fait un capteur pouvant être utilisé dans une voiture intelligente, il aurait dû être inclus dans l'ensemble de données « Transports », mais cela aurait été impossible sur la seule utilisation des mots-clés.

Au niveau des brevets, il existe cependant une seconde approche possible : l'utilisation de la classification coopérative des brevets (*Cooperative Patent Classification*, CPC), aussi indexée pour la quasi-totalité des documents de PATSTAT. Cette classification a été développée de pair par l'OEB et l'USPTO et est basée sur les classifications européennes (*European Classification*, ECLA) et internationales (*International Patent Classification*, IPC). Elle contient plus de 250,000 catégories divisées en 9 grandes familles, elles-mêmes hiérarchisées en classes, sous-classes, groupes et sous-groupes¹⁶. Un brevet qui contient de l'information vague au niveau du titre et du résumé est normalement tout de même classifié dans une ou plusieurs catégories CPC précises. Il est ainsi possible de se baser sur ces catégories pour inclure rapidement un nombre élevé de brevets jugés pertinents. Cependant, il peut être dangereux de seulement utiliser cette approche. Avec ses 250 000 catégories, la hiérarchie de la classification CPC est extrêmement complexe et il serait ardu de manuellement trouver toutes les catégories pertinentes à une thématique en particulier. Cette classification peut aussi être difficile à utiliser efficacement pour rassembler les brevets de sujets hautement multidisciplinaires tels que la nanotechnologie, qui est utilisée dans un très grand nombre d'applications distinctes aujourd'hui.

La solution retenue a donc consisté en une approche hybride basée sur les deux techniques mentionnées précédemment. Pour un ensemble de données en particulier, la première étape était d'établir une liste limitée de mots-clés pertinents au sujet. Ces requêtes étaient validées minutieusement afin de s'assurer

¹⁶ La classification complète est consultable en ligne sur le site web Espacenet de l'OEB : <https://worldwide.espacenet.com/classification>

que le contenu qu'elles retournaient était pertinent. Une fois cette liste de mots-clés complétée, un premier groupe de brevets était compilé. Tous les codes CPCs associés au groupe étaient ensuite analysés pour mettre en évidence les groupes les plus pertinents. Ceux-ci étaient définis comme ceux qui avaient été les plus couverts par les mots-clés initiaux. Ces codes servaient ensuite à initier la recherche de tous les codes CPCs les plus pertinents.

Par exemple, imaginons que pour l'ensemble de données « Fabrication additive », le contenu du code CPC B29C64/147 ait été capturé à 75% par les mots-clés. Celui-ci correspond au concept très spécifique « Processus de fabrication additive de plastiques utilisant seulement des matériaux solides sous forme de feuilles ». Ce concept est évidemment pertinent pour l'ensemble de données. Cependant, l'analyste qui effectue la recherche peut rapidement constater que ce code fait partie du groupe B29C64/10, qui correspond au concept plus large « Processus de fabrication additive pour les matériaux plastiques » et qui est aussi pertinent pour l'ensemble de données. C'est donc ce code et tous les codes qui se trouvent sous celui-ci dans la hiérarchie qui sont ajoutés.

Une fois que l'analyste pense avoir bien couvert le sujet à l'aide des codes CPC, le contenu de ceux-ci est alors compilé et vérifié. Certains sous-groupes moins pertinents peuvent alors être retirés si l'on remarque que leur contenu n'est pas suffisamment spécifique au domaine d'intérêt. Comme les codes CPC sélectionnés auront généralement une couverture plus large que les mots-clés initialement sélectionnés, il s'agit aussi de l'opportunité idéale d'identifier des mots-clés pertinents qui n'auraient pas été inclus dans la liste lors de la première itération et de les ajouter. Si seulement quelques mots-clés additionnels sont inclus et que ceux-ci ne retournent pas beaucoup de documents, le travail sur cet ensemble de données est terminé. Au contraire, si les mots-clés ajoutent une quantité appréciable de contenu à l'ensemble de données, alors une deuxième itération complète s'avère nécessaire : de nouveaux codes CPC sont alors vérifiés et inclus s'ils s'avèrent pertinents. Ce processus continue jusqu'à ce que le contenu de l'ensemble de données soit stable. Généralement, un minimum de 2 itérations sont nécessaires pour atteindre un bon niveau de confiance dans la couverture obtenue, mais les sujets larges faisant l'objet d'un développement intense ont parfois demandé jusqu'à 5 itérations.

Bien sûr, les différents sujets identifiés ne sont pas tous aussi spécifiques les uns que les autres. Par exemple, il y a beaucoup moins de brevets sur les métamatériaux que sur les métaux, et alors que tous les métamatériaux peuvent être définis comme étant des matériaux avancés, le même ne peut pas être dit des métaux. Un sujet comme les métamatériaux peut alors être traité rapidement, car n'importe quel brevet qui décrit la fabrication d'un nouveau métamatériau ou son utilisation est pertinent à l'ensemble de données. En contrepartie, nous voulons éviter d'inclure tous les brevets relatifs aux métaux. Par exemple, si un brevet décrit une amélioration à un procédé de formation ou de travail du métal, cela est jugé pertinent, mais un brevet sur une boîte de fer servant de protection contre les chocs pour un instrument donné ne l'est pas. Pareillement, ce ne sont pas toutes les pièces individuelles d'une machine utilisée pour former un matériau qui nous intéressent mais plutôt les procédés de formation utilisés, donc ces brevets ne sont généralement pas inclus pour éviter de diluer le contenu pertinent. En général, les brevets où le sujet principal n'est qu'une petite partie de ce qui est décrit n'est pas inclus. Des décisions similaires ont été prises dans plusieurs des ensembles de données pour tenter de rester au plus près possible du sujet ciblé. Dans l'éventualité où cela pourrait affecter l'interprétation des résultats de l'ensemble de données, ces choix sont détaillés dans les sous-sections pertinentes de la section 2.

B.2 Création de l'ensemble de données d'articles scientifiques

Les indicateurs ont été compilés à partir d'une version spécialisée de la banque de données Scopus (Elsevier), développée et maintenue par Science-Metrix pour la production d'indicateurs bibliométriques robustes. Scopus a été sélectionnée car elle offre la plus grande couverture des journaux scientifiques, particulièrement pour les journaux non anglophones et dans les sciences appliquées. Seulement les documents qui ont été revus par les pairs ont été retenus pour l'analyse (principalement des articles, des articles de revue et les articles de conférence).

L'ensemble de données sur les articles scientifiques a été créé à partir de ceux qui avaient été établis pour les brevets (§B.1). Toutes les requêtes par mots-clés écrites dans le cadre de la construction des 15 jeux de données ont été converties afin de pouvoir s'exécuter dans les données indexées de Scopus. La majorité des recherches ont été faites dans le texte des titres, des résumés et des mots-clés fournis par les auteurs des articles. Cette conversion brute des requêtes de brevets n'est cependant pas suffisante à l'obtention d'une bonne précision ni d'une bonne couverture du champ pour les articles scientifiques pour deux raisons. La première est que, contrairement aux brevets, les articles ne sont pas indexés dans des catégories CPC. Certaines des catégories de brevets s'appuyaient en grande partie sur cette classification pour obtenir des bonnes couvertures des champs, ce qui signifie que de simplement utiliser ici les requêtes par mots-clés risque de mal capter le contenu important de ces champs. La deuxième raison est qu'un mot clé qui est bien adapté à effectuer des recherches dans le contenu des brevets ne l'est pas nécessairement pour les articles, étant donné que les deux types de documents sont généralement écrits de manières différentes et avec des buts différents. Par exemple, une recherche dans des brevets dans le milieu de l'instrumentation utilisait le terme « spectroscop* »¹⁷ et donnait des résultats de bonne qualité : il s'agissait principalement de brevets sur de nouvelles méthodes ou appareils pour réaliser de la spectroscopie. Or, pour les articles, la grande majorité des articles retournés concernaient des études dans lesquelles la spectroscopie avait été utilisée à des fins de recherche extrêmement variées, ce qui est beaucoup moins pertinent à l'ensemble de données.

Afin d'éviter ce genre de situation, toutes les requêtes retournant plus de 10,000 publications scientifiques (l'ensemble de données complet en contenant plus de 2.3 millions) ont été vérifiées individuellement afin de vérifier leur spécificité au domaine des matériaux avancés. Les requêtes qui retournaient une partie non-négligeable de résultats peu pertinents au domaine étaient modifiées ou tout simplement retirées.

Un deuxième filtre basé sur la classification en sous-champs de la science de Science-Metrix était ensuite appliqué pour retirer les articles qui appartenaient à des champs non-pertinents à l'étude, par exemple les champs des sciences sociales. Celui-ci n'a pas apporté de modifications majeures au contenu du jeu de données à cause de la grande spécificité des mots-clés utilisés, mais a tout de même retiré quelques milliers de publications non-pertinentes.

Une dernière étape avait quant à elle pour but d'améliorer la couverture du champ. Il s'agissait ici de forcer l'inclusion du contenu de journaux très spécifiques aux différents aspects des matériaux avancés

¹⁷ Le caractère * positionné à la fin d'un mot signifie ici que le mot recherché doit commencer par les caractères spécifiés mais est libre de se terminer par n'importe quelle autre série de caractères. Par exemple, ici, cette recherche couvrirait à la fois les mots « spectroscopie », « spectroscopy » et « spectroscopic », par exemple.

dans le jeu de données. Cela est essentiellement analogue à l'utilisation qui a été faite des catégories CPC pour les brevets. Ces journaux étaient généralement identifiés en observant quel pourcentage de leur contenu était déjà inclus par les mots-clés puis en investiguant manuellement la pertinence du contenu qui n'avait pas été inclus. Un effort particulier a été fait pour inclure des journaux s'intéressant à la majorité des champs d'application des matériaux. Au total, une centaine de journaux spécialisés contenant un nombre significatif de publications scientifiques ont vu leur contenu forcé dans le jeu de données.

Identification des brevets actifs

L'une des dimensions pertinentes aux analyses de cette étude était de comptabiliser le nombre de brevets toujours actifs. Ceux-ci se différencient des brevets accordés en ce sens qu'un brevet peut expirer pour trois raisons potentielles :

- 1 - La période de validité du brevet est échue. Aujourd'hui, aussi bien pour les offices européens que pour l'USPTO¹⁸, cette période est d'une durée de 20 ans. Les offices européens et l'USPTO mesurent tous les deux généralement la période de validité à partir de la date de la demande ayant conduit à l'émission d'un brevet.
- 2 - Les frais de maintien du brevet n'ont pas été payés. Par exemple, à l'USPTO, un frais de maintien doit être payé après 3 ans, 7 ans et 11 ans à partir de la date d'émission du brevet. Pour les brevets ayant transigé par l'OEB, les frais doivent être payés à chacun des offices dans lesquels le brevet a été déposé. Si ces frais ne sont pas payés dans les temps à chaque office pertinent, le brevet n'est plus actif dans le pays de cet office mais peut le demeurer dans d'autres pays. Il y a toutefois possibilité de faire réactiver le brevet s'il peut être prouvé que le délai de paiement était inévitable.
- 3 - Le brevet a fait l'objet d'une contestation et a été rétracté par l'office l'ayant émis.

L'identification des brevets actifs est une tâche qui doit être entreprise en étudiant l'historique légal de chaque brevet. Cet historique est indexé dans une certaine mesure dans PATSTAT pour la quasi-totalité des demandes de brevet. Cependant, la qualité des données varie d'un office à l'autre, ce qui signifie que dans certains pays, certains brevets pourraient avoir été invalidés sans que la donnée ait été indexée dans PATSTAT. De plus, comme un brevet européen peut avoir été invalidé dans certains pays mais pas dans d'autres, il devient difficile de statuer sur l'état de validité d'un brevet à l'échelle européenne. Il faudrait plutôt produire des données pour chaque office, ce qui est une tâche beaucoup plus complexe.

C'est pourquoi la décision a été prise de seulement analyser le statut des brevets déposés à l'USPTO. Normalement, cela devrait donner une bonne indication du nombre d'inventions activement protégées dans un domaine donné, car une grande partie des familles simples DOCDB de brevets contient des demandes de brevet américaines.

Pour statuer sur l'état d'un brevet, il suffit de vérifier les données disponibles sur les brevets émis dans PATSTAT contre les trois conditions d'expiration énumérées ci-haut. La première ne s'applique pas dans le cadre de cette étude comme l'analyse ne considère que les brevets résultant de demandes déposées à partir de 2003. Les brevets demandés avant cette date et toujours actifs entre 2003 et 2017 sont exclus. Les deux autres conditions doivent cependant être vérifiées. Les historiques légaux de chaque

¹⁸ Pour les brevets émis depuis 1995, et excluant les brevets de dessin (*design patents*)

brevet émis sont alors vérifiés pour la présence d'événements d'expiration. Chaque événement enregistré dans PATSTAT a un code qui indique dans quelle classe générale d'événement il tombe. Dans le cas actuel, les codes d'intérêt sont : LAPS (indique un retard dans le paiement), FP (indique le retrait du brevet à la suite d'un retard de paiement), FPB1, FPB2, FPB3 (tous trois indiquent un retrait à la suite d'une contestation) et WDR (un code rare qui indique que le brevet n'avait réellement jamais été émis). Toutefois, il faut aussi vérifier que les brevets qui ont l'un de ces codes dans leur historique n'ont pas été réactivés par la suite. Il y a alors deux autres codes à surveiller : PRDP et REIN. Une fois tous ces événements extraits de la base de données pour les brevets pertinents, il s'agit de vérifier les dates auxquelles ceux-ci ont pris effet. Le statut du brevet est déterminé en fonction du dernier événement légal enregistré. Ceux qui ont été émis mais n'ont aucun de ces codes dans leur historique légal sont présumés actifs.

Une vérification de 150 brevets (50 déterminés actifs depuis leur émission, 50 déterminés inactifs et 50 déterminés réactivés) via le site web de l'USPTO a révélé que la détermination suivant la méthode ci-haut était exacte dans 149 cas (99.3% de précision). Le cas où une erreur a été détectée correspondait à un brevet expiré depuis moins d'un mois. Cet événement n'était pas encore indexé dans la plus récente version de PATSTAT.

B.3 Identification des inventeurs les plus prolifiques

Une des analyses à compléter concernait l'identification des inventeurs les plus prolifiques aux niveaux mondial, canadien et québécois. Une fois les ensembles de données de brevets complétés (§B.1), cela a été réalisé en extrayant, pour chaque niveau d'analyse, tous les noms d'inventeurs associés à un ensemble de données ainsi que le nombre de familles de brevets associé à chaque nom. Le nombre d'inventeurs présenté pour chaque catégorie dépend de la distribution du nombre de brevets par inventeur : pour obtenir un classement fiable, il est préférable de seulement présenter les inventeurs se démarquant fortement du reste du groupe.

Le nombre de familles de brevets est encore une fois utilisé dans ce contexte afin d'éviter que des inventeurs travaillant pour des entités qui ne soumettent pas leurs brevets dans autant de pays que d'autres soient pénalisés par l'utilisation des nombres de demandes de brevet bruts ou de brevets actifs. Il en résulte donc une indication des inventeurs les plus prolifiques qui est affectée par le moins de facteurs externes possible. Il ne faut pas non plus oublier que les nombres présentés dans ces tableaux sont limités à l'ensemble de données concerné : un inventeur peut donc être réellement associé à davantage de familles de brevets au total.

Un travail d'harmonisation des noms de chercheurs a aussi été entrepris afin d'obtenir les résultats les plus fiables possibles. Cela est nécessaire car le même inventeur peut avoir été crédité sous plusieurs noms dans différents documents. Par exemple, l'inventeur John Samuel Batchelder est parfois crédité sous le nom abrégé « J. Samuel Batchelder ». Sans le travail d'harmonisation, ces deux occurrences seraient analysées comme étant deux personnes différentes. L'harmonisation affectera au contraire tous les brevets au nom le plus fréquemment utilisé par l'inventeur. La quantité de données disponibles pour la prise de décision lors de l'harmonisation s'arrête souvent au nom de l'individu et à l'adresse fournie par celui-ci

lors du dépôt de la demande de brevet, mais cela s'avère normalement suffisant étant donné que les homonymes sont rares lorsque l'on harmonise les noms dans des champs de recherche restreints.

Dans les différents tableaux présentés dans le recueil de données ainsi qu'à la section 2, le pays de l'inventeur et son affiliation principale sont présentés. Ces deux données sont déterminées par une analyse de fréquence des occurrences des différentes données. Ces indications sont présentes pour donner une idée rapide de la situation. Ainsi, un inventeur qui aurait donné une adresse aux États-Unis dans 35 documents et au Canada dans 20 autres documents serait associé aux États-Unis dans la table. Ces cas sont cependant rares et ne devraient pas affecter les conclusions.

B.4 Identification des demandeurs les plus prolifiques

De la même manière que pour les inventeurs, une autre analyse concernait les demandeurs les plus prolifiques. Ceux-ci sont correspondent aux entités légales qui possèdent réellement l'invention qui a été protégée et sont donc souvent des compagnies privées. Le processus reste essentiellement le même que pour les inventeurs (§B.3). Le travail d'harmonisation est aussi généralement plus simple car ces entités utilisent normalement un nom standardisé dans leurs demandes de brevet. Certaines compagnies auront même une filiale qui possède leurs brevets, comme la Hewlett-Packard Development Company.

Dans le cas d'une société multinationale qui aurait utilisé des noms différents pour ses différentes régions d'activité, toutes les formes sont regroupées en une seule. Il en va de même pour une entité qui spécifie une division ou une filiale dans le nom, tant que celle-ci est facilement rattachable à l'entité principale. Dans les cas où une entité aurait été absorbée dans une autre, les brevets de l'entité absorbée seront attribués à l'entité mère, à la condition que la première compagnie ait eu une production de brevets assez appréciable pour avoir été harmonisée. Cela signifie que si une grande compagnie en acquiert une beaucoup plus petite, il est possible que les brevets originaux de la compagnie achetée ne soient pas associés à la compagnie mère si elle avait trop peu de brevets. Dans un cas comme celui-ci, il est toutefois très peu probable que cela affecte le classement final.

B.5 Identification des chercheurs et institutions les plus prolifiques

Un travail similaire à celui présenté aux sections B.3 et **Error! Reference source not found.** a aussi été réalisé au niveau général à partir des données bibliométriques pour les chercheurs et les institutions québécoises. Au niveau des institutions les plus prolifiques, le travail a pu s'appuyer en grande partie sur les noms d'institutions québécoises déjà harmonisés dans la version spécialisée de la banque de données Scopus maintenue par Science-Metrix. Un travail d'harmonisation a tout de même été réalisé pour associer aux institutions les plus actives du domaine de nouvelles formes de leurs adresses et pour vérifier l'apparition éventuelle d'une nouvelle institution.

En ce qui a trait aux chercheurs, tous les noms et adresses des chercheurs ayant publié au moins un article avec une adresse québécoise présents dans le jeu de données bibliométriques ont été extraits de Scopus. Seuls les articles que les auteurs avaient publiés en utilisant au minimum une affiliation québécoise sont comptabilisés pour établir ce palmarès. Les noms qui apparaissaient avec des fréquences plus élevées que la moyenne ont été harmonisés jusqu'à ce qu'un top 20 des chercheurs les plus actifs dans la province puisse être établi. Au total, les 45 formes de noms qui avaient individuellement les plus grands totaux de

publications ont été nettoyés. Étant donné la distribution de ces nombres, cela devrait résulter en un top 20 des chercheurs suffisamment fiable. Afin de rendre cette information encore plus utile, l'affiliation de chaque chercheur a été déterminée en fonction de leur affiliation la plus fréquemment citée. Cela pourrait par contre ne pas refléter l'affiliation actuelle de tous les auteurs donnés.

B.6 Attribution des brevets et des articles scientifiques à des provinces

La production des statistiques au niveau des provinces canadiennes était un élément important de ce projet. Cependant, les bases de données Scopus et PATSTAT utilisées pour produire les statistiques sur les articles scientifiques et les brevets n'encodent pas directement cette information dans les données associées à un document. Elles fournissent toutefois généralement les adresses complètes fournies par les auteurs, inventeurs ou demandeurs du document. Ce champ peut alors être utilisé pour déterminer à quelle province un document devrait être associé.

En premier lieu, les adresses fournies sont vérifiées pour déceler la présence de noms ou d'abréviations de province dans les champs d'adresse fournis. Ensuite, un dictionnaire de noms uniques de villes au Canada est utilisé pour trouver dans les champs d'adresse des noms de villes qui seraient discriminants au niveau de la province. Finalement, des expressions régulières (*regex*) sont utilisées pour extraire tout enchaînement de caractères qui a le format d'un code postal canadien (A1A 1A1 ou A1A1A1). Dans les rares cas (environ 1.6% des adresses de PATSTAT) où il y a un conflit entre ces différentes informations, l'information obtenue par le code postal est priorisée. Une vérification manuelle de ces cas nous a en effet appris qu'il s'agit normalement de l'information la plus fiable.

À l'aide de ces informations, il est possible d'attribuer une province à une adresse pour 92.6% des adresses canadiennes présentes dans PATSTAT. Le pourcentage restant des adresses est attribué à la province « Inconnu/Territoire » dans le *recueil de données* Excel, qui regroupe à la fois le très faible nombre de demandes de brevet qui ont une adresse dans l'un des trois territoires du Canada et les adresses non-attribuées à des provinces.

Annexe C - Indicateurs

C.1 Indicateurs technométriques

Nombre de familles de demandes de brevet déposées à l'OEB et à l'USPTO

Le nombre de familles de demandes de brevet est utilisé dans le cadre de ce projet pour estimer le nombre d'inventions distinctes dans un domaine donné. Pour être comptabilisée dans le projet actuel, une famille de demandes doit contenir au moins une demande déposée à l'OEB ou à l'USPTO. Les familles simples DOCDB définies par l'OEB sont utilisées dans le cas présent. Une famille DOCDB contient un ensemble de brevets reliés à une seule et même invention. Cela inclut notamment toutes les demandes de brevet présentées dans différents offices nationaux pour couvrir la même invention. Par exemple, si une demande de brevet pour la même invention est déposée à la fois à l'USPTO et à l'OEB, les deux demandes seront regroupées dans une même famille et on ne comptera cette invention qu'une seule fois. Ceci fournit alors une meilleure mesure de l'inventivité qu'un compte brut de toutes les demandes de brevets, car elle attribue le même poids à une demande déposée seulement aux États-Unis par une compagnie locale qu'à une demande déposée dans plusieurs pays par une grande multinationale.

Il faut aussi noter que les demandes de brevet qui sont la continuation (pour procéder à l'ajout de revendications à un brevet) ou la division (pour séparer les revendications d'une invention en plusieurs sous-inventions distinctes) de d'autres brevets de la famille sont aussi incluses dans la famille.

Ce nombre est présenté par année ou par période. Ici, une famille contribue au dénombrement dans l'année de soumission de la **demande la plus ancienne à l'OEB ou à l'USPTO**. Par exemple, si une demande a été présentée aux États-Unis en 2006 et en Europe en 2007, la famille ne sera comptabilisée qu'une seule fois en 2006. Elle sera aussi incluse dans toutes les périodes englobant l'année 2006. Il faut aussi noter que le délai entre le dépôt d'une demande et sa publication peut aller jusqu'à 18 mois. PATSTAT ne contient que les données sur les documents publiés, et les données présentes dans la version printemps 2019 ont été extraites en janvier 2019. Cela signifie que les données sur le nombre de familles sont encore partielles à partir de 2017. Il ne faut donc pas s'étonner d'une baisse généralisée des nombres en 2017. Cela ne reflète certainement pas encore la réalité des choses. Une deuxième limitation existe aussi en ce fait que l'USPTO n'oblige pas la publication des demandes de brevets, mais seulement des brevets accordés. Un phénomène observé est que la fraction des demandes de brevets qui sont publiées par rapport à toutes les demandes effectuées est grandissante d'année en année. Cela aurait donc le potentiel de causer une surestimation du ratio de croissance entre deux périodes. Cependant, l'ajout des données de l'OEB pallie à ce problème potentiel. Celles-ci sont toujours publiées, ce qui implique qu'une demande faite dans les deux offices qui aurait été gardée secrète aux États-Unis serait tout de même mesurée.

Finalement, le nombre est aussi comptabilisé par pays ou région. Dans le cadre de ce projet, le ou les pays attribués à une famille correspondent aux pays de tous les **inventeurs** reconnus dans les demandes. Le comptage est fait en comptage entier, ce qui signifie que chaque pays reçoit un compte de 1 pour cette famille. Par exemple, dans un cas hypothétique où une même famille regrouperait un inventeur américain, un inventeur espagnol et un inventeur italien, cette famille serait comptabilisée une fois aux États-Unis, une fois en Espagne et une fois en Italie, à l'année de la plus ancienne demande. Au niveau des régions,

la famille serait comptabilisée une fois pour la région « Amériques » et une fois pour la région « Europe », même si les inventeurs sont originaires de plusieurs pays européens. Finalement, au niveau mondial, toutes les familles ne sont comptabilisées qu'une seule fois, peu importe les pays des inventeurs. Il faut aussi noter que le pays du demandeur n'est pas considéré ici. Dans le cas hypothétique ci-haut, si l'invention avait été réclamée par une entité Canadienne, aucun compte n'aurait été attribué au Canada.

Nombre de demandes de brevet déposées à l'USPTO

Ce décompte délaisse le concept de familles de demandes pour plutôt présenter le nombre brut de demandes distinctes déposées à l'USPTO. Comme une grande partie des familles DOCDB contient des demandes déposées à l'USPTO et que plusieurs demandes peuvent être déposées dans le cadre de la protection d'une seule invention, ce décompte est habituellement plus élevé que celui du nombre de familles DOCDB. Cette catégorie compte à la fois les demandes acceptées et les demandes refusées, et s'inscrit dans la série d'indicateurs visant à faire l'état des lieux concernant le nombre de brevets actifs à l'USPTO. La limitation concernant la publication facultative des demandes de brevets à l'USPTO mentionnée à la section précédente a ici plus d'importance. Il est possible que ces nombres soient sous-estimés. Cependant, ils ne servent au calcul d'aucun autre indicateur, donc cela ne devrait affecter aucune conclusion.

Afin d'assurer une continuité avec les comptes des familles de demandes, l'année attribuée à une demande donnée est tout de même celle qui avait été attribuée à sa famille DOCDB. Au final, ce choix n'a qu'un effet très limité. En effet, de toutes les familles DOCDB présentes dans PATSTAT, 99.8% ne contiennent que des demandes présentées la même année. Cela a aussi un sens logique, cette année se rapprochant au maximum de l'année réelle de l'invention et faisant abstraction des délais administratifs ayant pu avoir un effet sur la date d'une demande individuelle.

Les pays sont quant à eux comptabilisés de la même manière que précédemment. Toutefois, seules les nationalités des inventeurs crédités sur la demande de brevet américaine sont considérées.

Brevets accordés par l'USPTO

Ce décompte est également réalisé au niveau des demandes individuelles plutôt qu'au niveau des familles de brevets. Cependant, celui-ci se limite aux brevets qui ont été accordés par l'USPTO. Le statut actuel du brevet n'est pas considéré dans ce nombre : toutes les demandes qui ont été approuvées à un moment ou à un autre sont incluses, peu importe leur état de validité actuel.

Encore une fois dans le but d'éviter un désalignement des données, l'année d'attribution des documents est celle qui a été attribuée à la demande de brevet qui a mené à l'obtention du brevet. La raison ayant motivé ce choix est qu'un brevet peut prendre plusieurs années avant d'être approuvé. Actuellement, les données de PATSTAT nous montrent que le délai moyen d'approbation à l'USPTO est d'environ 3 ans et 3 mois. Ce délai administratif n'est pas ce qui est intéressant ici, c'est donc pourquoi la date utilisée est encore celle qui est la plus près de la date réelle de l'invention. Cela explique aussi pourquoi ce nombre est en baisse marquée pour les années 2015 et plus récentes : une grande partie des demandes comptabilisées sont encore en évaluation par l'USPTO.

L'attribution par pays se fait quant à elle de la même manière que pour les demandes de brevet déposées.

Brevets actifs à l'USPTO

Le dernier décompte qui est fait est le plus restrictif : il inclut uniquement les brevets qui ont été déterminés comme étant encore actifs selon les informations accessibles dans l'édition printemps 2019 de la base de données PATSTAT (voir §0). Cela donne alors une mesure du nombre d'inventions actuellement protégées dans un domaine donné aux États-Unis excluant les brevets toujours actifs demandés avant 2003.

Les attributions par année et par pays se font de la même manière que pour les brevets accordés. Le nombre présenté pour une année donnée correspond donc à la quantité de brevets qui font partie de familles DOCDB dont les plus anciennes demandes de brevets sont datées à cette année et qui sont toujours actifs aujourd'hui. Les nombres qui sont présentés année par année dans le recueil de données ne sont pas cumulatifs, c'est-à-dire que le nombre présenté pour 2004 n'inclut pas le nombre de brevets actifs de 2003, même si ces derniers sont encore actifs.

Une observation potentiellement surprenante à première vue est que le nombre de brevets actifs à l'USPTO est, dans certains cas, plus élevé que le nombre de familles DOCDB déposées à l'USPTO et à l'OEB. Cela est en fait normal car il est possible qu'une famille DOCDB contienne plusieurs brevets actifs ayant été émis par le même office. Cela survient généralement lorsque les brevets sont des continuations ou des divisions d'autres brevets. Dans le cas actuel, ceux-ci sont comptés comme deux brevets actifs distincts. Il serait justifié de se demander pourquoi les familles DOCDB ne sont pas comptées pour les brevets actifs à l'USPTO alors que c'est ce qui est fait au niveau des demandes de brevet à l'OEB et à l'USPTO. Cela est en fait causé par le fait qu'une même famille DOCDB peut contenir à la fois des demandes approuvées et des demandes refusées aussi bien que des brevets actifs et des brevets inactifs. Il devient alors difficile de définir de manière robuste si une famille DOCDB devrait être comptabilisée comme étant active ou non. La manière la plus fiable de procéder est alors de compter tous les brevets individuellement.

Ratio de croissance (RC)

Le ratio de croissance donne une idée de la tendance dans le nombre d'inventions où ont contribué des inventeurs d'une entité donnée au fil du temps. Dans le cas actuel, le nombre de familles DOCDB déposée à l'USPTO et à l'OEB est utilisé pour calculer cet indicateur. Le RC sur la période globale est alors simplement

$$RC_{2003-2016} = \frac{N_{fi}(2010-2016)}{N_{fi}(2003-2009)}$$

où $N_{fi}(x-y)$ correspond au nombre de familles inventées par des inventeurs de l'entité examinée entre les années x et y incluses. On remarque ici que, même si la période totale de l'étude va de 2003 à 2017, le RC est calculé uniquement entre 2003 et 2016. Cela a pour cause le délai d'indexation dans PATSTAT des demandes de brevet, qui est en général de 18 mois. Même en utilisant la version la plus récente possible de PATSTAT, l'année 2017 n'est donc pas encore complète et cela fausserait donc l'estimation du RC de l'inclure dans le calcul.

Flux de propriété intellectuelle

Le flux de propriété intellectuelle (PI) est une indication du transfert de la propriété intellectuelle à l'international. Pour calculer celui-ci, le nombre de familles de demandes de brevet déposées à l'OEB et à l'USPTO est recalculé, mais en utilisant le pays des entités ayant *demandé* les brevets pour attribuer les familles à des pays et à des régions. Le flux *net* de la propriété intellectuelle (Φ_{PI}) d'un pays donné est alors calculé comme étant

$$\Phi_{PI} = \frac{N_{fd} - N_{fi}}{N_{fi}}$$

où N_{fi} est le nombre de familles dans lesquelles des inventeurs du pays sont nommés et N_{fd} est le nombre de familles dans lesquelles des demandeurs du pays sont nommés.

Un flux de propriété intellectuelle positif (négatif) signifie un gain net de propriété intellectuelle pour le pays ou la région concerné. Cet indicateur a une valeur minimale théorique de -1 dans le cas d'une entité qui perd la propriété intellectuelle sur l'ensemble de ses inventions et qui n'acquiert pas de droits de PI sur des inventions étrangères. Cet indicateur n'a pas de valeur maximale théorique. La valeur mondiale est toujours de 0. Un flux de propriété intellectuelle de 0 signifie qu'il n'y a aucun transfert net de PI. Cela peut survenir soit parce que le pays reçoit les droits de PI sur autant d'inventions qu'il n'en donne ou soit parce que le pays n'échange pas ses inventions avec les autres. Pour clarifier laquelle de ces causes possibles est la bonne, les nombres bruts des quantités de transferts internationaux sont aussi présentés sous leur forme brute dans le *recueil de données* Excel.

Indice de spécialisation (IS)

L'indice de spécialisation (IS) sert à estimer la concentration des efforts d'une entité dans un certain domaine en comparaison de la moyenne mondiale. Il est calculé comme suit :

$$IS = \frac{\frac{P_{fi,x}}{\sum_x P_{fi,x}}}{\frac{M_{fi,x}}{\sum_x M_{fi,x}}} = \frac{P_{fi,x} \sum_x M_{fi,x}}{M_{fi,x} \sum_x P_{fi,x}}$$

où $P_{fi,x}$ est le nombre de familles de brevets ayant des inventeurs du pays P , dans le domaine x et $M_{fi,x}$ est le nombre de familles de brevets au niveau mondial dans le même domaine x . Cela revient à comptabiliser le pourcentage des inventions d'un pays dans un certain domaine et à le comparer au même pourcentage au niveau mondial. Par exemple, si 6% des familles de brevets où l'on retrouve un inventeur d'une nationalité donnée sont dans le domaine des matériaux avancés et que la même proportion au niveau mondial est de 3%, l'indice de spécialisation pour ce pays serait de 2.0.

Un indice de spécialisation de 1.00 correspond au niveau mondial, ce qui signifie que l'entité examinée n'est ni plus ni moins spécialisée que le monde dans le domaine.

Cet indicateur est ici calculé en comptage entier, ce qui peut causer des observations étranges lorsque le champ étudié est hautement collaboratif. Cependant, les collaborations internationales au niveau des brevets sont relativement rares, ce qui fait que l'IS n'est presque pas affecté par ce choix.

C.2 Indicateurs bibliométriques

Nombre de publications

Chaque publication est comptée une fois pour chaque entité qu'elle représente (p. ex., le monde, un pays, une province, un établissement, un chercheur) d'après l'affiliation des auteurs; ceci correspond à la méthode de comptage entier. Par exemple, si une publication est rédigée par deux auteurs de l'Université de l'Alberta, un auteur de l'Université de Montréal et un auteur de l'Université de Washington, cette publication est comptée une fois pour l'Alberta, une fois pour le Québec, une fois pour le Canada, une fois pour les États-Unis et une fois pour le monde.

Moyenne des citations relatives (MCR)

Il s'agit d'un indicateur d'impact scientifique mesuré par les citations des publications. Étant donné que les pratiques de citations varient grandement d'un domaine scientifique à l'autre (p. ex., les publications de sciences biomédicales sont davantage citées que celles de mathématiques) et que les publications plus anciennes ont eu une plus grande occasion d'accumuler des citations que les publications plus récentes, 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. Ceci garantit que les publications plus anciennes ayant accumulé des citations sur une plus longue période de temps soient comparées à des publications d'un âge semblable. Une MCR inférieure à 1 indique une moyenne de citations relatives inférieure à celle du monde, une MCR égale à 1 indique une moyenne de citations relatives semblable à celle du monde et une MCR supérieure à 1 indique une moyenne de citations relatives supérieure à celle du monde. Les publications publiées en 2017 ne sont pas prises en compte dans le calcul de la MCR puisqu'elles sont trop récentes pour que leur plein rendement soit évalué de manière juste. Généralement, Science-Metrix ne calcule pas la MCR pour les entités ayant moins de 30 publications publiées avant 2017 afin d'obtenir des valeurs suffisamment stables.

Indice de spécialisation (IS)

L'indice de spécialisation est calculé de manière analogue à celui des brevets (§C.1). Cependant, comme la collaboration est plus fréquente au niveau des articles scientifiques que des brevets, les nombres de publications utilisés dans le calcul sont ici fractionnés, chaque auteur se voyant attribué une fraction égale de l'article. Par exemple, si une même publication a été coécrite par un auteur américain et deux auteurs canadiens, cette publication est 1/3 de la publication est compté pour les États-Unis et 2/3 est compté pour le Canada. Le calcul se fait ensuite de la même manière que pour les brevets.

Ratio de croissance (RC)

Le ratio de croissance est aussi calculé de manière analogue à ce qui a été fait pour les brevets (§C.1). Les mêmes sous-périodes sont utilisées pour assurer la comparabilité des données.

Taux de collaboration internationale (TCI)

Il s'agit de la proportion d'articles d'une entité qui a fait l'objet d'une collaboration avec un autre pays. Cela est déterminé en utilisant les adresses fournies par les auteurs des publications.