Innovation, Science and Economic Development Canada
Canadian Intellectual Property Office

Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Office de la propriété intellectuelle du Canada

Inventions brevetées dans le domaine des technologies d'atténuation du changement climatique

Canada

La présente publication est accessible en ligne au http://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/accueil.

Pour obtenir un exemplaire de cette publication ou demander qu'elle vous soit transmise dans un format substitut (braille, gros caractères, etc.), veuillez remplir le formulaire de demande de publication au www.ic.gc.ca/demande-publication ou communiquer avec :

Centre de services Web
Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Édifice C.D. Howe
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5
Canada

Téléphone (sans frais au Canada) : 1-800-328-6189
Téléphone (international) : 613-954-5031
TTY (pour les personnes malentendantes) : 1-866-694-8389
Heures de bureau : 8 h 30 à 17 h 00(heure de l'Est)
Courriel : ISED@canada.ca

Autorisation de reproduction

Sauf indication contraire expresse, l'information contenue dans la présente publication peut être reproduite, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission du ministère de l'Industrie, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, que le ministère de l'Industrie soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec le ministère de l'Industrie ou avec son approbation.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans la présente publication à des fins commerciales, veuillez remplir le formulaire de demande d'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne au www.ic.gc.ca/demande-droitdauteur ou communiquer avec le Centre de services Web aux coordonnées ci-dessus.

Avis de non-responsabilité

Le présent document, y compris les renseignements et l'analyse qu'il contient, est fourni à titre informatif seulement. Il n'est en aucun cas destiné à servir d'avis juridique, commercial ou financier. Le présent document n'est pas non plus un rapport sur la brevetabilité ou la liberté d'action et ne devrait pas être utilisé à ces fins. L'Office de la propriété intellectuelle du Canada décline toute responsabilité à l'égard du présent document. De même, aucune obligation contractuelle ne peut découler, directement ou indirectement, du présent document.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique du Canada, 2017

Canada

TABLE DES MATIÈRES

À propos de nous 2
Sommaire 3
Introduction 4
Données 6
Méthodologie 8
Technologies d'atténuation du changement climatique 11
Transports 24
Énergie renouvelable 34
Bâtiments 43
Énergie traditionnelle 52
Catalyseurs d'énergie propre 61
Réseaux intelligents 69
Captage du carbone 76
Conclusion 84
Annexe A 85
Annexe B 86
Annexe C 87
Notes 87

À PROPOS DE NOUS

L'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC), un organisme de service spécial (OSS) d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE), est responsable de l'administration et du traitement de la propriété intellectuelle au Canada. L'OPIC contribue à l'innovation et au succès économique du Canada en offrant plus de certitude sur le marché grâce à des droits de PI de qualité accordés en temps opportun, en encourageant et en appuyant l'innovation et la créativité grâce au partage des connaissances, en faisant connaître la PI aux innovateurs pour les encourager à mieux l'exploiter, en aidant les entreprises à être concurrentielles dans le monde grâce à la coopération internationale et à la promotion des intérêts du Canada en matière de PI, et en administrant l'office et le régime de PI du Canada d'une façon efficace et efficiente.[i]

SOMMAIRE

Le changement climatique est l'une des priorités clés du gouvernement du Canada. Le gouvernement fédéral canadien a établi des cibles strictes et, pour atteindre ces cibles, les Canadiens n'auront d'autre choix que d'adopter les technologies actuelles d'économie d'énergie et de développer des technologies novatrices. Les données de brevet constituent un bon point de départ pour analyser le développement des nouvelles technologies, car elles fournissent des renseignements importants sur les connaissances techniques spécifiques qui sous-tendent les inventions. Le présent rapport examine l'activité de brevetage des chercheurs canadiens et des entreprises canadiennes dans le domaine des technologies d'atténuation du changement climatique (TACC) à l'aide de codes de classification des brevets désignés qui identifient les brevets liés au changement climatique. L'objectif est de mettre en lumière les secteurs dans lesquels les Canadiens sont les plus actifs et les secteurs dans lesquels nous pourrions avoir un avantage relatif à l'échelle mondiale. Le fait d'examiner les inventeurs canadiens et les entreprises canadiennes séparément permet une meilleure compréhension de l'état de l'innovation dans le domaine des TACC. Les chercheurs canadiens sont considérés comme étant relativement spécialisés dans la plupart des catégories de TACC. En outre, les noms de certains chercheurs canadiens figurent dans des brevets déposés par des entreprises internationales de premier plan qui mènent des activités de recherche et de développement dans le domaine des TACC. Les résultats sont différents pour les entreprises canadiennes, qui sont spécialisées uniquement dans la catégorie du captage du carbone. Les entreprises canadiennes de premier plan qui font breveter des TACC ne comptent pas parmi les entreprises chefs de file à l'échelle mondiale. Les entreprises canadiennes déposent une quantité importante de demandes de brevet à l'égard de technologies liées aux transports, un secteur dans lequel elles ne possèdent pas d'avantage technologique. De manière générale, les chercheurs canadiens, comme les entreprises canadiennes, sont relativement spécialisés dans les TACC liées à l'énergie hydraulique, aux technologies de production de combustibles d'origine non fossile, à l'énergie nucléaire et au captage du carbone. Étant donné la forte demande dont les technologies d'atténuation du changement climatique font l'objet à l'échelle mondiale, une innovation accélérée pourrait permettre aux sociétés canadiennes de bénéficier d'un accès accru aux marchés étrangers. Il est important d'exercer une surveillance continue de l'activité inventive canadienne dans ce secteur technologique compte tenu des implications économiques et environnementales liées à l'atteinte des objectifs établis par le gouvernement du Canada. Le contexte stratégique et économique dans lequel s'inscrit le présent rapport a été établi en collaboration avec Environnement et Changement climatique Canada et Ressources naturelles Canada.

INTRODUCTION

Les technologies d'atténuation du changement climatique sont intrinsèquement liées aux priorités clés du gouvernement du Canada et forment un secteur à croissance rapide des plus stimulants. La tarification du carbone et les investissements en recherche, en développement et en commercialisation contribueront fortement à l'essor du secteur des technologies propres au Canada. L'énergie propre est déjà un des secteurs de notre économie qui connaît la croissance la plus rapide. À titre d'exemple, la capacité de production d'énergie éolienne du secteur de l'énergie propre au Canada est aujourd'hui 20 fois supérieure à ce qu'elle était il y a dix ans et la capacité de production d'électricité d'origine solaire est 125 fois plus importante.[ii]

Selon le Rapport sur l'industrie canadienne des technologies propres de 2017, publié par Analytica Advisors, plus de 850 entreprises canadiennes exercent des activités axées sur la composante « spécialisée » du secteur des technologies propres.[iii] Ces sociétés « spécialisées » sont celles qui concentrent leurs activités sur la recherche et le développement ou sur la fabrication et la vente de technologies propres. Bien que seule une faible proportion d'entreprises se soient engagées sur la voie des technologies propres, ces entreprises joueront un rôle important dans l'atteinte des objectifs du gouvernement en matière de changement climatique. L'emploi au sein de la composante « spécialisée » du secteur des technologies propres a augmenté de 9 % de 2013 à 2015 et représente plus de 55 200 postes, dont bon nombre sont assortis d'une rémunération élevée et liés à l'exportation. Le nombre d'emplois dans le secteur « spécialisé » pourrait atteindre 95 000 en 2022. Le commerce mondial dans le domaine des technologies propres a connu une croissance annuelle de 4 % depuis 2008. Le marché canadien des technologies propres a généré des revenus d'environ 13,3 milliards de dollars en 2015; les exportations étant à l'origine de plus de la moitié de ces revenus.

Si le changement climatique est depuis longtemps un sujet de préoccupation pour le gouvernement fédéral canadien, aujourd'hui on lui accorde volontiers le statut de priorité clé. Dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat de 2015, le Canada s'est engagé à réduire, d'ici 2030, ses émissions de gaz à effet de serre de 30 % par rapport aux niveaux de 2005. Pour que le Canada puisse atteindre cette cible, les Canadiens devront non seulement adopter les technologies actuelles d'économie d'énergie, mais également développer des technologies novatrices. Dans la Déclaration de Vancouver, qui a fait suite à l'Accord de Paris, le Canada s'est également engagé à favoriser une croissance propre à faibles émissions de carbone, et les politiques établies à cet égard seront grandement facilitées par l'adoption et la promotion des TACC.

Dans la foulée, les provinces, les territoires et le gouvernement fédéral ont convenu de prendre ensemble les mesures qui s'imposent pour lutter contre le changement climatique. Ils ont conjointement élaboré le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, qui a été publié en janvier 2017. [iv] Le Cadre pancanadien comporte quatre piliers et, à l'égard de chacun de ces piliers, un groupe de travail fédéral-provincial-territorial a été mis sur pied afin d'étudier diverses questions et présenter des recommandations. Aux fins du présent rapport, deux conclusions importantes ont été retenues. Premièrement, le Groupe de travail FPT sur les technologies et l'innovation propres, et sur l'emploi a conclu que [TRADUCTION] « il est possible de stimuler plus efficacement la croissance économique et la création d'emplois, et d'améliorer les résultats environnementaux dans tous les secteurs au Canada en encourageant l'innovation dans le domaine des technologies propres ».[v] Deuxièmement, le Groupe de travail sur les possibilités d'atténuation spécifiques a souligné que [TRADUCTION] « il faudra mettre au point des technologies nouvelles et transformatrices pour réaliser à long terme d'importantes réductions dans le

secteur industriel ».[vi] De nouvelles technologies, c'est-à-dire de nouvelles inventions, seront donc nécessaires pour que la stratégie climatique du Canada puisse porter ses fruits.

Le 30 novembre 2015, le gouvernement fédéral a annoncé la participation du Canada à Mission Innovation, une initiative mondiale qui réunit les pays désireux de travailler de concert pour accélérer l'innovation dans le secteur de l'énergie propre. Les pays qui participent à cette initiative ont accepté de doubler en cinq ans les sommes qu'ils investissent dans l'innovation en matière d'énergie propre, tout en encourageant le secteur privé à investir davantage dans les technologies transformatrices en la matière.[vii] De plus, dans le budget de 2017, le gouvernement a annoncé qu'il accordait un financement de 14,5 millions de dollars sur quatre ans, à compter de 2017-2018, à Ressources naturelles Canada et à Innovation, Sciences et Développement économique Canada pour l'élaboration d'une stratégie sur les données concernant les technologies propres afin d'encourager l'innovation, d'approfondir les connaissances dans le secteur privé et les communautés d'intervenants et de contribuer à éclairer la prise de décision future par le gouvernement.[viii] De manière générale, compte tenu de la forte demande pour les technologies d'atténuation climatique à l'échelle mondiale, une innovation accélérée pourrait se traduire par différentes occasions pour les entreprises canadiennes d'élargir leur accès aux marchés étrangers.

Le Canada a également adopté une approche à long terme qui lui permettra de se positionner de manière à soutenir avec succès la concurrence mondiale tout en poursuivant sa transition vers une économie à faibles émissions. En novembre 2016, à l'occasion de la Conférence des parties (COP22) à Marrakech, au Maroc, le ministre de l'Environnement et du Changement climatique a annoncé la Stratégie canadienne pour le milieu du siècle, qui propose différentes avenues pour parvenir, en 2050, à une réduction nette des émissions de 80 % par rapport aux niveaux de 2005. Cette stratégie, qui s'étend au-delà de 2030, est axée sur l'atteinte des objectifs liés au changement climatique et sur la croissance économique, et nécessitera d'importants investissements à long terme dans l'infrastructure afin de soutenir la transition vers une économie à faibles émissions de carbone.[ix] Pour atteindre cette cible, une restructuration fondamentale de nombreux secteurs de l'économie sera nécessaire et des occasions de réduction devront être créées à l'égard de pratiquement toutes les sources et toutes les activités productrices d'émissions de gaz à effet de serre. La transition vers les énergies durables est possible au regard des technologies qui sont actuellement déployées ou sont au stade pré-commercial, mais cette transition à long terme sera facilitée par l'accélération à court terme de la mise en place d'options d'énergie propre ou la mise au point de technologies plus novatrices.[x]

Le présent rapport d'analyse sur les brevets présente les inventions brevetées de chercheurs canadiens et d'entreprises canadiennes dans le domaine des TACC. Il repose sur l'utilisation d'un code spécial de classification des brevets qui permet d'identifier les brevets qui se rapportent au changement climatique. L'objectif est de mettre en lumière les secteurs dans lesquels les Canadiens sont les plus actifs et les secteurs dans lesquels nous pourrions avoir un avantage relatif à l'échelle mondiale. Le présent rapport est structuré de la manière suivante. La première section expose le contexte. La deuxième et la troisième sections présentent les données et la méthodologie utilisée. La quatrième section fournit un aperçu du brevetage d'inventions dans le domaine des TACC. Les sept sections suivantes explorent plus en profondeur chacune des principales catégories de TACC. La dernière section expose les conclusions du présent rapport.

DONNÉES

La base de données statistiques mondiale sur les brevets de l'Office européen des brevets (OEB) est la principale source de données utilisée pour la production du présent rapport. Auparavant, il n'était pas possible d'obtenir rapidement un aperçu des brevets visant des technologies d'atténuation du changement climatique, car aucun code spécifique de la Classification coopérative des brevets (CPC) n'avait encore été assigné à ce domaine technologique particulier. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Office européen des brevets (OEB) ont mis au point un système d'étiquetage spécialement conçu pour les technologies d'atténuation du changement climatique (TACC) qui a été utilisé dans le cadre de leur rapport conjoint intitulé « Les technologies d'atténuation du changement climatique en Europe – Les enseignements des données brevets et des données économiques ». Grâce à cet effort conjoint, il est devenu possible d'analyser les tendances en matière d'activité inventive et au sein du marché mondial de la technologie, et de fournir des données probantes pouvant servir de fondement à la prise de décisions dans le domaine des TACC, aussi bien dans le secteur public que dans le secteur privé. Qui plus est, le rapport indique que ce système d'étiquetage est en voie de devenir la norme internationale de facto pour les études portant sur les innovations propres.

Le présent rapport est également fondé sur le système d'étiquetage de la CPC, qui a été utilisé pour analyser l'ensemble de données européen. Le présent rapport est limité dans sa portée aux brevets appartenant à la sous-classe Y02 de la CPC et au groupe Y04S de la CPC[xi], qui comprennent les groupes et sous-groupes présentés en annexe. En raison des similitudes entre certaines sous-classifications du groupe Y02E, certains codes de la CPC ont été amalgamés afin de former des catégories plus englobantes telles que l'énergie renouvelable, l'énergie traditionnelle, et les catalyseurs d'énergie propre.[xii] Il convient de souligner que l'OEB a poursuivi ses efforts et continué de développer et d'élargir les classes de la CPC associées aux TACC. Notre étude est cependant limitée aux sept catégories fondées sur la CPC qui sont présentées à l'annexe A et auxquelles il est fait référence tout au long du présent rapport. Ces catégories sont les suivantes :

1. Transports;
2. Énergie renouvelable;
3. Bâtiments;
4. Énergie traditionnelle;
5. Catalyseurs d'énergie propre;
6. Réseaux intelligents; et
7. Captage du carbone.

Les TACC de la catégorie des transports sont conçues principalement pour aider à réduire les émissions de CO_2. Les technologies liées aux véhicules électriques sont un exemple typique de TACC appartenant à la catégorie des transports. La catégorie de l'énergie renouvelable comprend les technologies relevant de domaines tels que l'énergie hydraulique, l'énergie éolienne, l'énergie solaire et l'énergie géothermique. Dans la catégorie des bâtiments, les réductions d'émissions sont réalisées grâce à de meilleurs systèmes d'éclairage, de chauffage et de ventilation et à de meilleurs ascenseurs et escaliers roulants, ainsi que, de manière générale, grâce à un rendement thermique amélioré. La catégorie de l'énergie traditionnelle comprend les améliorations apportées aux technologies reposant sur l'utilisation de combustibles fossiles et les solutions de rechange telles que l'énergie nucléaire. Les catalyseurs d'énergie propres comprennent les technologies liées à des systèmes de conversion ou de gestion de l'énergie qui sont également conçus pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les batteries sont un exemple de technologie qui entre

dans cette catégorie, car elles sont considérées comme une solution de rechange à l'utilisation d'autres types d'énergie plus polluante. La catégorie des réseaux intelligents a trait à l'amélioration des technologies liées aux réseaux d'approvisionnement en électricité, à l'aide de technologies de communication numériques. L'utilisation de technologies de communication pour optimiser la consommation d'électricité permet aux consommateurs de contrôler plus efficacement leur consommation d'énergie, ce qui a pour effet de réduire la probabilité de pannes de courant.[xiii] Enfin, la catégorie du captage du carbone comprend les technologies conçues pour capter le CO_2 et les autres gaz à effet de serre rejetés dans l'atmosphère et les injecter à l'intérieur de formations rocheuses souterraines profondes pour les y stocker de façon permanente.[xiv]

Les données sur les chercheurs canadiens utilisées dans le cadre du présent rapport ont été obtenues auprès de M. Antoine Dechezleprêtre, professeur agrégé et chargé de recherche au Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment de la London School of Economics, et coauteur du rapport conjoint de PNUE et l'OEB. L'analyse est axée sur les demandes de brevet déposées entre le 1er janvier 2008 et le 31 décembre 2012. L'ensemble de données est constitué de 7 873 demandes de brevet visant des inventions à valeur élevée (IVE) dans lesquelles figure le nom d'au moins un chercheur canadien, déposées au cours de la période étudiée, et formant 2 184 familles de brevets d'IVE. Une famille de brevets regroupe un ou plusieurs brevets publiés liés à la même invention et ayant la même priorité. Dans le cadre du présent rapport, nous avons utilisé la même approche de « compte fractionné » que celle utilisée aux fins du rapport du PNUE et de l'OEB pour assigner les inventions brevetées aux inventeurs dans les cas des demandes de brevet déposées conjointement par plusieurs inventeurs de différents pays. Une fois l'approche du « compte fractionné » appliquée, les 2 184 familles de brevets d'IVE représentent plutôt 608 familles de brevets d'IVE. Cette approche utilise l'information sur le pays de résidence ou d'origine des inventeurs pour déterminer dans quel pays une invention brevetée a été mise au point. À titre d'exemple, dans le cas d'une demande de brevet déposée par un inventeur canadien, un inventeur américain et un inventeur japonais, un tiers de la propriété du brevet serait assignée au Canada, un tiers aux États-Unis et un tiers au Japon.

En plus d'examiner l'activité des chercheurs en matière de brevetage de TACC, le présent rapport examine les données de brevets concernant des TACC du point de vue de l'activité inventive des entreprises. La base de données de Derwent Innovation a été utilisée pour extraire les familles de brevets déposées dans plus d'un pays et dont le brevet de base, ou le premier membre de la famille, a été déposé entre 2008 et 2012. Nous employons le terme « inventions à valeur élevée » pour désigner ces familles de brevets. L'ensemble de données est constitué de 99 935 inventions à valeur élevée dans le domaine des TACC. L'ensemble de données sur les entreprises canadiennes représente environ 1 %, soit 1 140 inventions à valeur élevée, du nombre total de familles de brevets liées aux TACC à l'échelle mondiale, et fait environ la moitié de la taille de l'ensemble de données sur les chercheurs canadiens. À l'instar des données sur les chercheurs, les données sur les entreprises sont limitées aux demandes de brevet déposées entre le 1er janvier 2008 et le 31 décembre 2012. Une approche de « compte absolu » a été utilisée pour évaluer les inventions brevetées par des entreprises. La raison pour laquelle l'approche du « compte fractionné » n'a pas été utilisée pour l'analyse relative aux entreprises est que la PI est associée au pays d'origine de l'entreprise, lequel correspond à l'emplacement de son siège social.

Un certain temps a été consacré au traitement des données afin de s'assurer que les codes de pays attribués aux entreprises étaient bien les bons. Dans certains cas, l'information d'adresse était manquante ou mal indiquée par l'office où la demande relative au brevet de base a été déposée. Dans le cadre de ce traitement, une base de données des noms d'entreprises a été créée à partir de l'ensemble de données et un code de pays a été attribué aux entreprises qui n'en avaient pas, mais qui figuraient quelque part dans l'ensemble de données assorties d'un tel code. Cette démarche a permis d'abaisser le pourcentage d'entreprises sans adresse, qui était initialement de 5 %, à moins de 1 %.

MÉTHODOLOGIE

Analyse des données de brevets

La mise au point et l'adoption de nouvelles technologies sont nécessaires pour faire face aux défis environnementaux actuels et futurs.[xv] Les données de brevet constituent un bon point de départ pour analyser le développement de nouvelles technologies, car elles fournissent des renseignements importants sur l'innovation spécifique qui sous-tend l'invention et sur l'identité des inventeurs et des demandeurs. Comme toutes les sources de données, les données de brevets ont des forces et des faiblesses, et une utilisation inadéquate de ces données peut mener à des conclusions erronées et à des politiques mal adaptées. Les paragraphes qui suivent exposent le contexte dans lequel les données de brevets sont utilisées pour comprendre l'innovation.

Bien que les brevets fournissent une indication quant à l'afflux de nouvelles idées, il a été avancé que les brevets ne permettaient pas de mesurer l'innovation pour trois raisons importantes : les brevets n'incluent pas les innovations non brevetées, les inventions brevetées ne sont pas toutes commercialisées et de nombreux brevets sont de nature stratégique.[xvi] Pour cette raison, l'analyse est fondée sur les familles de brevets qui comprennent des demandes déposées dans au moins deux juridictions, car il est plus probable que ces familles de brevet représentent des inventions à valeur plus élevée, que les entreprises souhaitent commercialiser.[xvii]

Le fait que de nombreuses innovations ou inventions relèvent du secret industriel et demeurent, de ce fait, cachées constitue également un défi. Ces innovations passeraient inaperçues dans le contexte d'une mesure incluant uniquement les brevets. Cependant, une étude de 2008 indique que les entreprises qui innovent le plus à l'échelle mondiale déposent plus fréquemment des demandes de brevet. Inversement, les entreprises qui déposent moins fréquemment des demandes de brevet tendent à imiter et à reproduire plutôt qu'innover.[xviii] L'étude révèle en outre que les entreprises qui protègent leur propriété intellectuelle sont plus susceptibles d'accroître leurs profits que celles qui ne le font pas. De plus, les PME qui font breveter des inventions sont plus susceptibles d'être des entreprises à forte croissance, ce qui contribue de façon importante à leur réussite.[xix] Ces conclusions ont été corroborées par une étude canadienne qui a révélé que les entreprises qui innovent de manière constante et lancent des produits entièrement nouveaux qui sont protégés par brevet, réalisent des profits supérieurs.[xx] Enfin, bien que certaines inventions ne soient pas brevetées, des brevets sont obtenus à l'égard de presque toutes les inventions qui revêtent une importance économique.[xxi]

Les données de brevets peuvent être envisagées ou interprétées sous différents angles, dont les principaux sont les suivants :

<u>Portée commerciale</u> : les dépôts de demandes de brevet sur des marchés étrangers constituent un bon indicateur des entreprises qui tentent d'accéder à ces marchés. Des enquêtes ont démontré que les entreprises titulaires de brevets sont plus susceptibles d'être des exportatrices[xxii].

<u>Activité novatrice</u> : lorsque les dépôts effectués dans de multiples juridictions ne sont pas pris en compte, les inventions brevetées et les activités novatrices sont comptabilisées en double et en triple. Les données de brevet permettent d'identifier des familles de brevets qui comprennent tous les brevets apparentés ou similaires octroyés dans toutes les juridictions et d'éviter, ainsi, une telle comptabilisation en double ou en triple.

Force scientifique : grâce aux données de brevets, il est possible de connaître l'identité des chercheurs ou scientifiques, plutôt que celle de l'entreprise ou du demandeur uniquement. Bien que ces personnes ou entités puissent être les mêmes, elles sont souvent différentes. Ainsi, nous pouvons distinguer l'activité inventive de chercheurs canadiens qui travaillent dans d'autres pays ou pour des entreprises non canadiennes.

Avantage relatif : Le Canada est une petite économie ouverte. Pour cette raison, il est peu probable que nos industries ou nos innovateurs détiennent un avantage absolu dans un domaine particulier, soient les utilisateurs de PI les plus prolifiques ou détiennent la plus grande part du marché mondial. Néanmoins, dans certains domaines, le Canada bénéficie d'un avantage comparatif ou relatif. Un travail considérable a été accompli afin d'établir des mesures de l'avantage technologique relatif et de la spécialisation relative.

Familles de brevets

L'analyse relative aux entreprises et aux institutions est fondée sur les données de familles de brevets compilées par Derwent Innovation. Ces familles sont définies comme regroupant des brevets qui visent la même invention et dont les relations sont définies en fonction des détails relatifs à la priorité et à la demande revendiqués dans chaque document. Une famille de brevets peut être associée à de multiples classifications. Il importe donc de souligner que par « brevet », nous entendons en réalité un brevet associé à la classification spécifique, peu importe qu'une autre classification lui ait été attribuée.

Comme dans le cadre du rapport de l'OEB, les données sur les familles de brevets ont été utilisées dans le cadre du présent rapport pour établir des statistiques sur les inventions « à valeur élevée ». Les inventions à valeur élevée sont définies comme des familles de brevets déposées dans plus d'une juridiction. Même si les brevets n'ont pas tous une valeur élevée, il est rare qu'une invention qui connaît du succès n'ait pas été brevetée. Cette idée, conjuguée à notre méthodologie consistant à tenir compte uniquement des familles de brevets déposés dans plus d'une juridiction, permet de présumer que les brevets compris dans nos ensembles de données concernent des inventions à valeur élevée. Bien qu'il soit très difficile de déterminer d'emblée la valeur des brevets compris dans un grand ensemble de données, il est raisonnable de présumer que les brevets déposés dans plusieurs juridictions sont susceptibles d'avoir une valeur plus élevée que les brevets déposés dans une seule juridiction. En excluant de l'ensemble de données les brevets déposés dans une seule juridiction, il a été possible de restreindre l'ensemble de données aux inventions à valeur élevée.

Avantage technologique révélé

Afin de mieux comprendre les forces du Canada dans le domaine de la recherche sur les TACC, nous avons utilisé l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) qui a été mis au point par l'OCDE et qui permet, d'après l'intensité de l'activité de brevetage, de comparer entre elles les industries de pays de différentes tailles sur une base relative. L'indice est calculé de manière à corriger les nombres absolus des familles de brevets d'IVE et ainsi tenir compte du fait que certains pays déposent davantage de demandes de brevet que d'autres dans tous les secteurs technologiques. Dans le présent rapport, l'indice ATR est utilisé pour déterminer dans quels domaines les Canadiens détiennent un avantage comparatif par rapport à la concurrence. Le présent rapport compare l'indice ATR du Canada dans chacune des catégories de TACC à celui des pays du G7 et de quatre autres pays, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. La Chine et la Corée ont été incluses dans la comparaison, car il s'agit de pays où l'activité de brevetage est forte. L'Australie est également incluse parce que son office de propriété intellectuelle (OPI) est similaire à l'OPI du Canada en termes de taille et de niveau d'activité. Enfin, le Danemark est inclus en raison de sa spécialisation dans le domaine des TACC.

La formule utilisée pour calculer l'ATR est la suivante :

- Numérateur : la somme des familles de brevets d'IVE dans une catégorie (ou un sous-groupe) au Canada divisée par la somme des familles de brevets d'IVE dans cette catégorie (ou ce sous-groupe) à l'échelle mondiale.
- Dénominateur : la somme des familles de brevets d'IVE au Canada divisée par la somme des familles de brevets d'IVE à l'échelle mondiale.

$$\text{ATR} = \left(\sum_{2008}^{2012} X_{\text{CA, Catégorie}} \Big/ \sum_{2008}^{2012} X_{\text{monde, Catégorie}}\right) \Big/ \left(\sum_{2008}^{2012} X_{\text{CA}} \Big/ \sum_{2008}^{2012} X_{\text{Monde}}\right)$$

Le *X* représentant les brevets.

Un ATR supérieur à un indique que l'économie possède une spécialisation relative dans un domaine particulier tandis qu'un ATR inférieur à un indique le contraire. Un ATR égal à un indique que la part des brevets que détient l'économie dans ce domaine particulier est égale à la part qu'elle détient dans tous les domaines, ce qui signifie qu'elle n'est pas spécialisée.[xxiii]

Tel que mentionné précédemment, les données relatives aux entreprises ont été extraites de la base de données de Derwent Innovation, sauf dans le cas des familles de brevets d'IVE au Canada et à l'échelle mondiale de tous les secteurs technologiques, qui ont été utilisées pour calculer l'ATR. Nous avons plutôt utilisé les données sur les familles de brevets à orientation étrangère compilées par l'Office mondial de la propriété intellectuelle (OMPI). La raison pour laquelle les données de l'OMPI ont été utilisées est que les données pouvant être extraites de la base de données de Derwent Innovation étaient assujetties à des restrictions qui faisaient en sorte qu'il était difficile d'extraire le nombre total exact de familles de brevets d'IVE au Canada et à l'échelle mondiale.

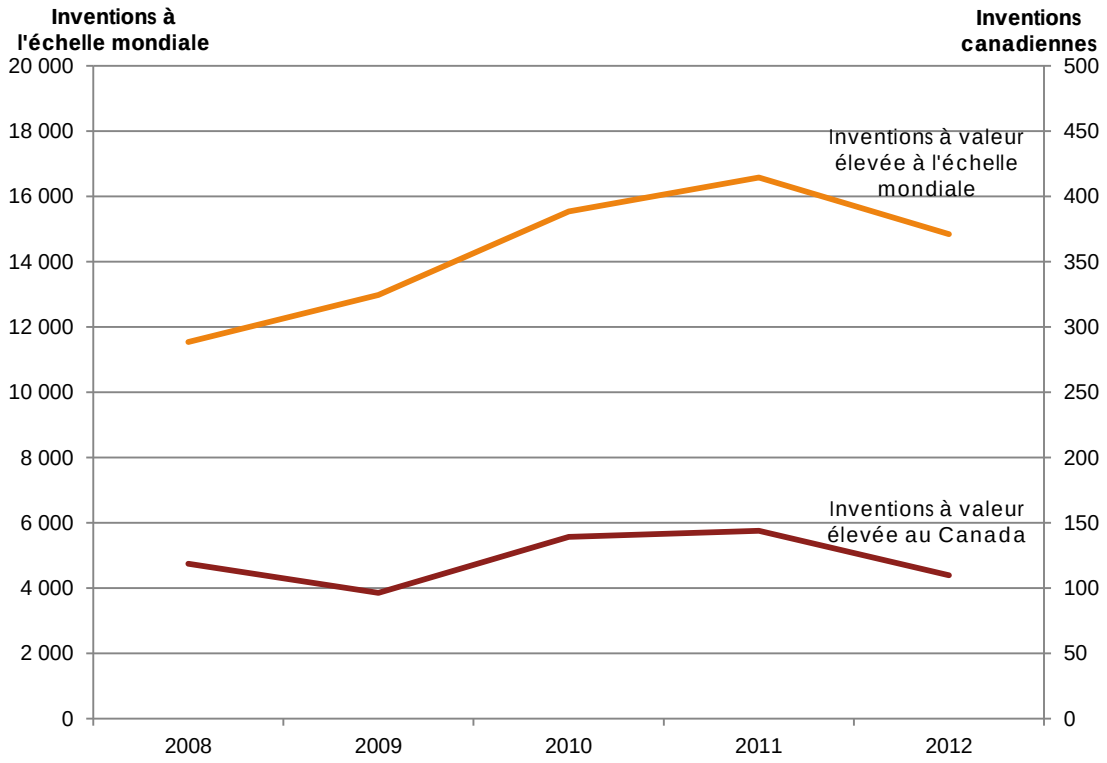
TECHNOLOGIES D'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Chercheurs

Selon le « Global Competitiveness Report 2016-2017 » du Forum économique mondial (FEM), qui est principalement fondé sur des données d'enquête, le Canada occupe le 6e rang mondial en ce qui a trait à la disponibilité des scientifiques et des ingénieurs, et le 17e pour la qualité de ses établissements de recherche scientifique. Parallèlement, selon l'indice mondial de l'innovation de 2016 de l'INSEAD[xxiv], le Canada s'est classé au 13e rang mondial en ce qui concerne le nombre de chercheurs par population, et ses universités ont obtenu le 4e rang. [xxv] Dans le cadre d'une étude réalisée pour le compte d'Innovation, Sciences et Développement économique (ISDE) Canada, des données sur les brevets américains ont été analysées afin de déterminer la valeur que revêt la présence d'un inventeur canadien sur un brevet américain. Grâce à une méthode novatrice fondée sur les citations permettant de déterminer l'importance d'un brevet, l'étude a révélé que la présence d'au moins un coinventeur canadien sur un brevet était associée à une hausse de 13 % de l'importance par rapport à un brevet typique. En revanche, la présence d'au moins un coinventeur étranger sur un brevet moyen était associée à une réduction de 5 % de l'importance. Cela signifie que la présence d'inventeurs canadiens sur les brevets américains confère une valeur de 18 % supérieure à celle qui est associée à la présence, plus habituelle, de coinventeurs étrangers. Cela donne à penser que les scientifiques canadiens concentrent leurs efforts sur des travaux hautement novateurs.

L'activité de brevetage des chercheurs à l'échelle mondiale et des chercheurs canadiens de 2008 à 2012 dans le domaine des TACC est représentée à la figure 1. Malgré la baisse du nombre de dépôts de demandes de brevet observée en 2012, l'activité de brevetage dans le domaine des TACC a augmenté de 29 % au cours de la période 2008-2012. Plus précisément, le brevetage d'inventions dans le domaine des TACC à l'échelle mondiale a connu une croissance annuelle moyenne de 7 %. La tendance a été similaire pour les brevets canadiens, exception faite de la baisse observée en 2009. L'activité de brevetage des chercheurs canadiens a diminué en moyenne de 2 % annuellement, ce qui représente une croissance négative de 8 % au cours de la période de cinq ans. Cette croissance négative est principalement attribuable à la baisse des dépôts de demandes de brevet observée en 2012.

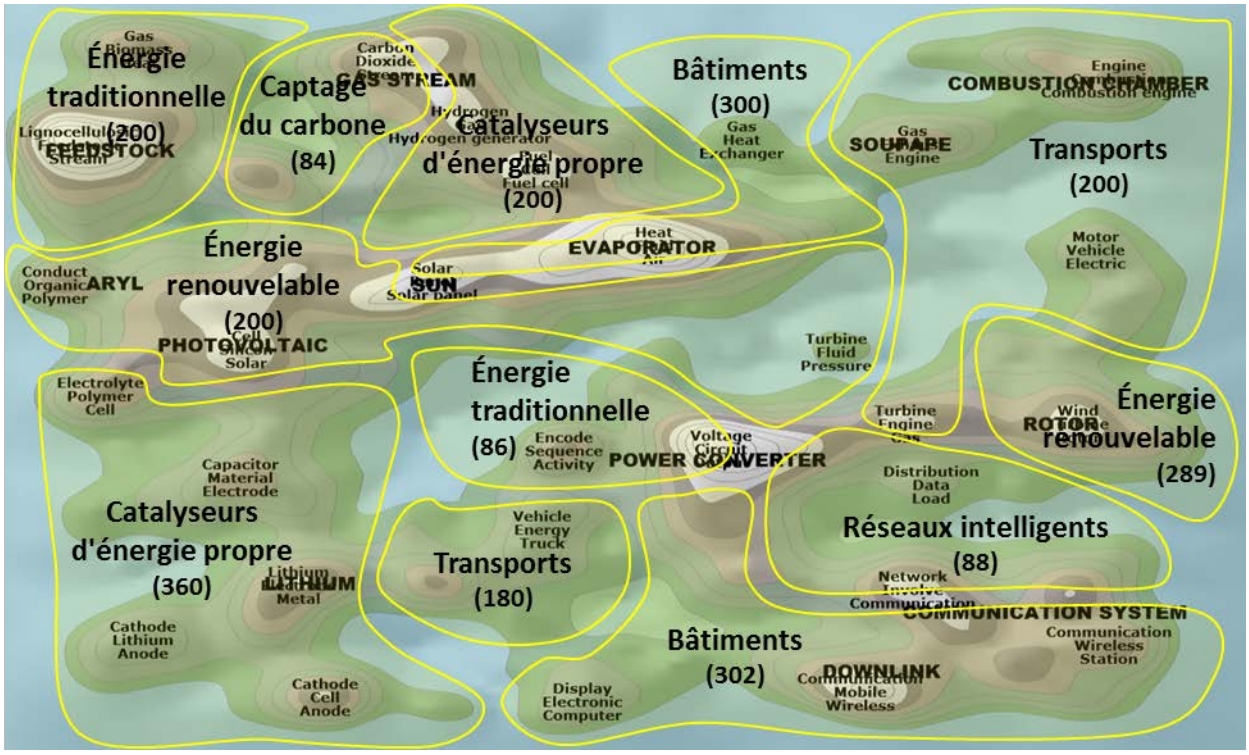
Figure 1 : Inventions de chercheurs dans le domaine des TACC au Canada et à l'échelle mondiale



La figure 2 est une carte panoramique des brevets qui offre une représentation visuelle des demandes de brevet comprenant au moins un inventeur canadien qui ont été déposées à l'échelle mondiale relativement à des TACC. La carte a été produite à l'aide d'un algorithme qui utilise des mots clés tirés des documents de brevets pour regrouper les brevets selon un langage commun. Les brevets sont organisés selon des thèmes communs et regroupés à l'intérieur de « contours » sur la carte, afin d'indiquer les secteurs dans lesquels l'activité de brevetage des chercheurs canadiens est élevée ou faible. Les « sommets enneigés » représentent la plus forte concentration d'inventions brevetées, et chaque sommet est associé à des termes clés qui forment ensemble les thèmes communs. De plus courtes distances entre des sommets indiquent que les brevets représentés par ces sommets ont davantage en commun que ceux représentés par les sommets qui sont plus éloignés les uns des autres. Il convient de souligner que la carte présente les comptes absolus des inventions brevetées et ne tient pas compte du fait que de nombreux autres pays excellent dans les mêmes secteurs. Il convient de souligner également que la somme des comptes de familles de brevets indiqués dans les secteurs en relief de chaque catégorie sur la carte n'équivaudra pas exactement au nombre total de familles de brevets liées aux TACC. Le compte indiqué

pour chaque catégorie dans les secteurs en relief est essentiellement une approximation, car dans certaines catégories, les familles de brevets sont plus dispersées que dans d'autres. En outre, calculer le nombre total de familles de brevets en additionnant les comptes indiqués produira également un total supérieur au nombre total de familles de brevets contenues dans l'ensemble de données, car certaines familles de brevets sont associées à des codes de classification multiples et sont, par conséquent, comptées à plusieurs reprises.

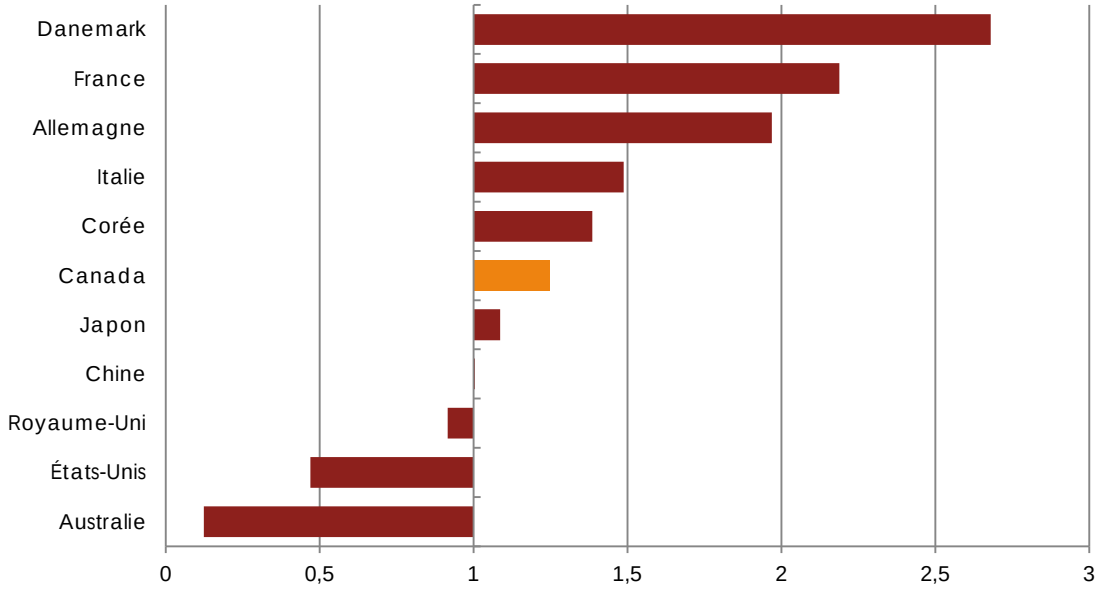
Figure 2 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans le domaine des TACC



Les chercheurs canadiens sont actifs dans les secteurs des bâtiments, des catalyseurs d'énergie propre, des transports et de l'énergie traditionnelle et, dans une moindre mesure, dans les secteurs des réseaux intelligents et du captage du carbone. Comme nous le verrons dans les sections qui suivent, nous pourrions avoir un avantage technologique relatif dans les secteurs dans lesquels nous demandons le moins de brevets.

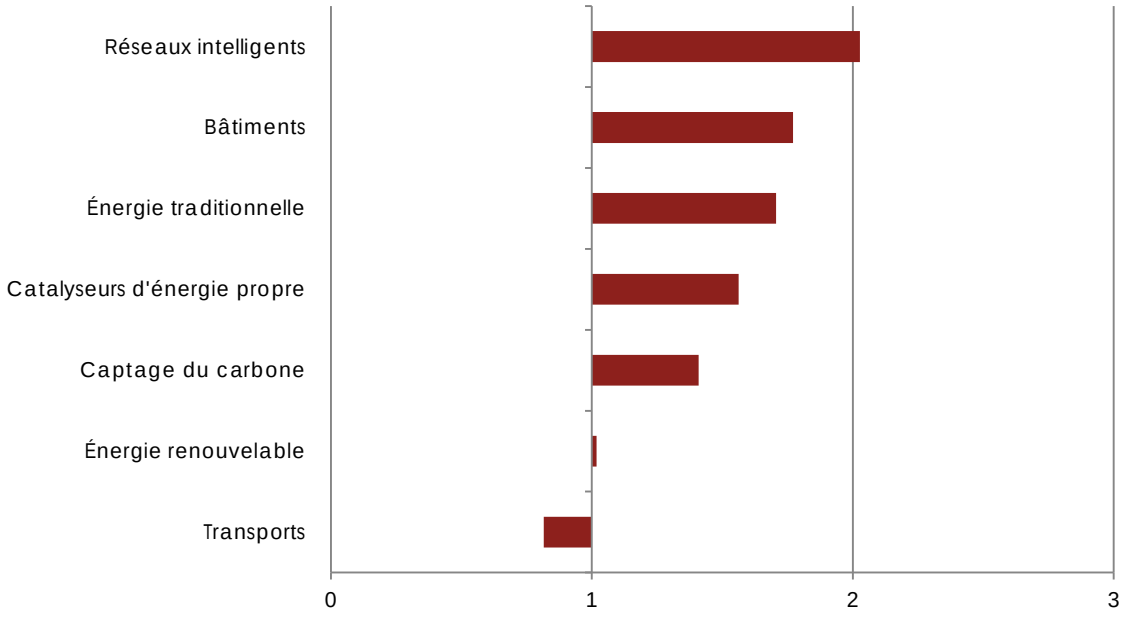
Afin de mieux comprendre les forces des chercheurs canadiens dans le domaine de la recherche sur les TACC, nous avons utilisé l'indice d'avantage technologique révélé (ATR), qui est décrit dans la section Méthodologie du présent rapport. La première étape consiste à comparer les indices ATR des chercheurs canadiens et des chercheurs d'autres pays afin d'avoir une meilleure idée du rang qu'occupe le Canada au classement général. Les indices sont ensuite décomposés à un niveau plus détaillé afin d'examiner les catégories dans lesquelles les chercheurs canadiens sont spécialisés. La figure 3 compare l'indice ATR du Canada dans le domaine des TACC à celui des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. On constate que le Canada détient un avantage relatif par rapport à des pays comme le Japon, la Chine, le Royaume-Uni, les États-Unis et l'Australie. Bien que les graphiques concernant l'ATR ne montrent qu'un certain nombre de pays, les chiffres rejoignent les résultats présentés dans le « Global Competitiveness Report 2016-2017 » du Forum économique mondial (FEM), selon lesquels le Canada s'est classé 6e à l'échelle mondiale en ce qui a trait à la disponibilité des scientifiques et des ingénieurs.

Figure 3 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des chercheurs



La figure 4 révèle que les chercheurs canadiens sont relativement spécialisés dans les TACC liées aux réseaux intelligents, aux bâtiments, à l'énergie traditionnelle, aux catalyseurs d'énergie propre, au captage du carbone et à l'énergie renouvelable.

Figure 4 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens selon la catégorie de TACC



Les principaux chercheurs canadiens dans le domaine des TACC, l'entreprise ou l'institution à laquelle ils sont associés, et leur principal secteur d'expertise sont présentés à la figure 5 ci-dessous. On peut voir que les chercheurs canadiens travaillent pour des entreprises dispersées dans le monde entier.

Figure 5 : Principaux chercheurs canadiens

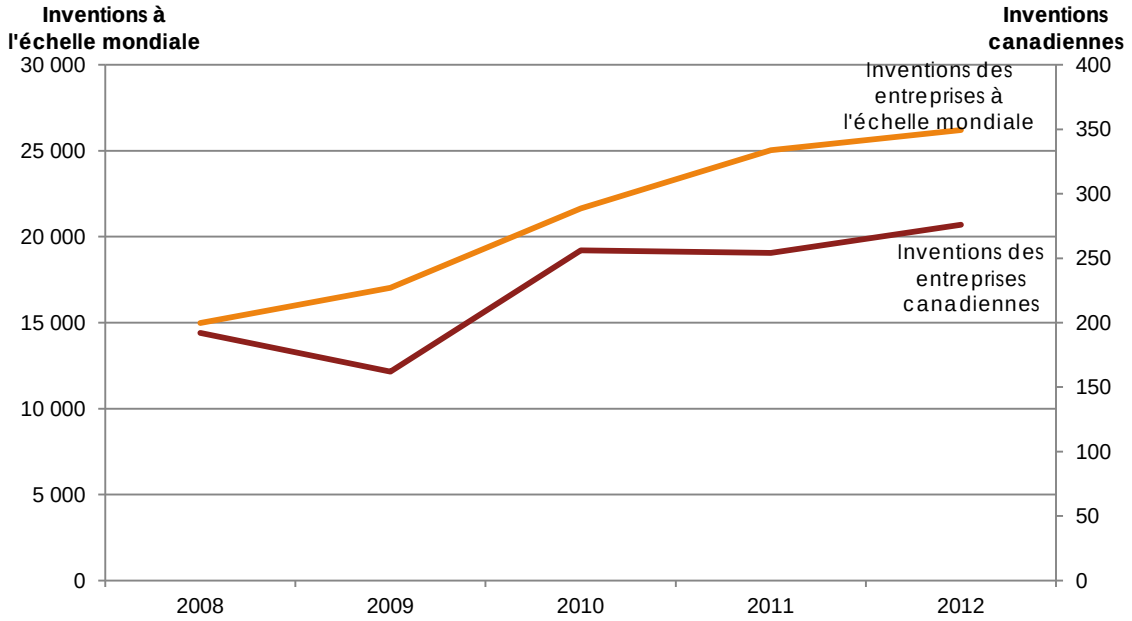
Chercheurs	Entreprise ou institution	Catégorie de technologie
Zaghib, Karim	Hydro-Québec (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Rich, David Gerard	BlackBerry Ltée (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Guerfi, Abdelbast	Hydro-Québec (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Burke, Murray	Mascoma Canada Inc. (CA)	Énergie traditionnelle
Fradette, Sylvie	CO2 Solutions Inc. (CA)	Captage du carbone
Gauthier, Michel	Hydro-Québec (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Benech, Régis-Olivier	GreenField Ethanol Inc. (CA)	Énergie traditionnelle
Benson, Robert A. C.	GreenField Ethanol Inc. (CA)	Énergie traditionnelle
Sutarwala, Taha Shabbir Husain	BlackBerry Ltée (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Ashdown, Ian Edward	Koninklijke Philips N.V. (NL)	Bâtiments
Foody, Brian	logen Energy Corporation (CA)	Énergie traditionnelle
McLean, Gerard F.	Société BIC (FR)	Catalyseurs d'énergie propre
Schrooten, Jeremy	Société BIC (FR)	Catalyseurs d'énergie propre
Veillette, Michel	Trilliant Inc. (US)	Bâtiments
Barton, Russell	Intelligent Energy Ltée (GB)	Catalyseurs d'énergie propre
Donnelly, Frank Wegner	ICR Turbine Engine Corporation (US)	Transports
Michot, Christophe	Hydro-Québec (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Morgan, John Paul	Morgan Solar Inc. (CA)	Énergie renouvelable
Orr, Raynond Kenneth	Solantro Semiconductor Corporation (CA)	Bâtiments
Tolan, Jeffrey S.	logen Energy Corporation (CA)	Énergie traditionnelle
Wu Chee-Ming, Jimmy	BlackBerry Ltée (CA)	Catalyseurs d'énergie propre

Entreprises et institutions

Afin de mieux comprendre les forces des entreprises et institutions du Canada en ce qui concerne le brevetage de TACC, nous avons analysé les données du point de vue des cessionnaires ou propriétaires des brevets. Il s'agit le plus souvent d'entreprises ou d'institutions. Le fait d'examiner l'activité de brevetage de ces deux points de vue, c'est-à-dire celui des chercheurs et celui des entreprises, permet une meilleure compréhension du contexte Canadien. Compte tenu de la nature des données de brevets, nous avons la possibilité de réaliser une analyse de type « inventeur » et une analyse de type « cessionnaire ». Si les inventeurs participent davantage au processus inventif, les cessionnaires, eux, ont un plus grand impact sur l'économie de leur pays d'origine.[xxvi] Il est important que l'écart entre le succès que connaissent les chercheurs canadiens et celui que connaissent les entreprises canadiennes soit évalué, car ainsi des politiques ciblant plus directement les uns ou les autres pourront être mises en place. En effet, si les chercheurs canadiens comptent parmi les chefs de file mondiaux en matière de TACC, on ne peut pas en dire autant des entreprises canadiennes. La comparaison des deux ensembles de données fait ressortir cet écart.

À la manière de la figure 1 qui est présentée à la section précédente, la figure 6 compare l'activité de brevetage d'inventions de TACC à valeur élevée des entreprises canadiennes avec celle de l'ensemble des entreprises à l'échelle mondiale au cours de la période 2008-2012. On peut constater que le nombre d'IVE mises au point par des entreprises dans le domaine des TACC a augmenté de manière générale. Plus précisément, le nombre d'IVE à l'échelle mondiale a augmenté de 75 % selon un taux de croissance annuelle moyen de 15 %. Le nombre d'IVE mises au point par des entreprises canadiennes a, quant à lui, augmenté de 44 % au cours de la période 2008-2012, selon une croissance annuelle moyenne de 13 %. Les deux lignes montrent qu'un écart au niveau de la croissance a commencé à apparaître en 2009 entre les entreprises canadiennes et l'ensemble des entreprises à l'échelle mondiale. Une légère diminution de l'activité de brevetage des entreprises canadiennes a également été observée après 2010. Ces tendances sont similaires à celles illustrées à la figure 1 concernant l'activité de brevetage d'inventions à la valeur élevée des chercheurs canadiens, qui a également connu une diminution après 2008 et après 2010. Ces diminutions coïncident avec la chute des prix du pétrole, ce qui explique sans doute la baisse des investissements en R et D dans le domaine des technologies propres. Les technologies propres sont souvent considérées comme des solutions de rechange aux technologies à forte intensité d'énergie dont l'utilisation devient trop coûteuse lorsque les prix du pétrole sont élevés.

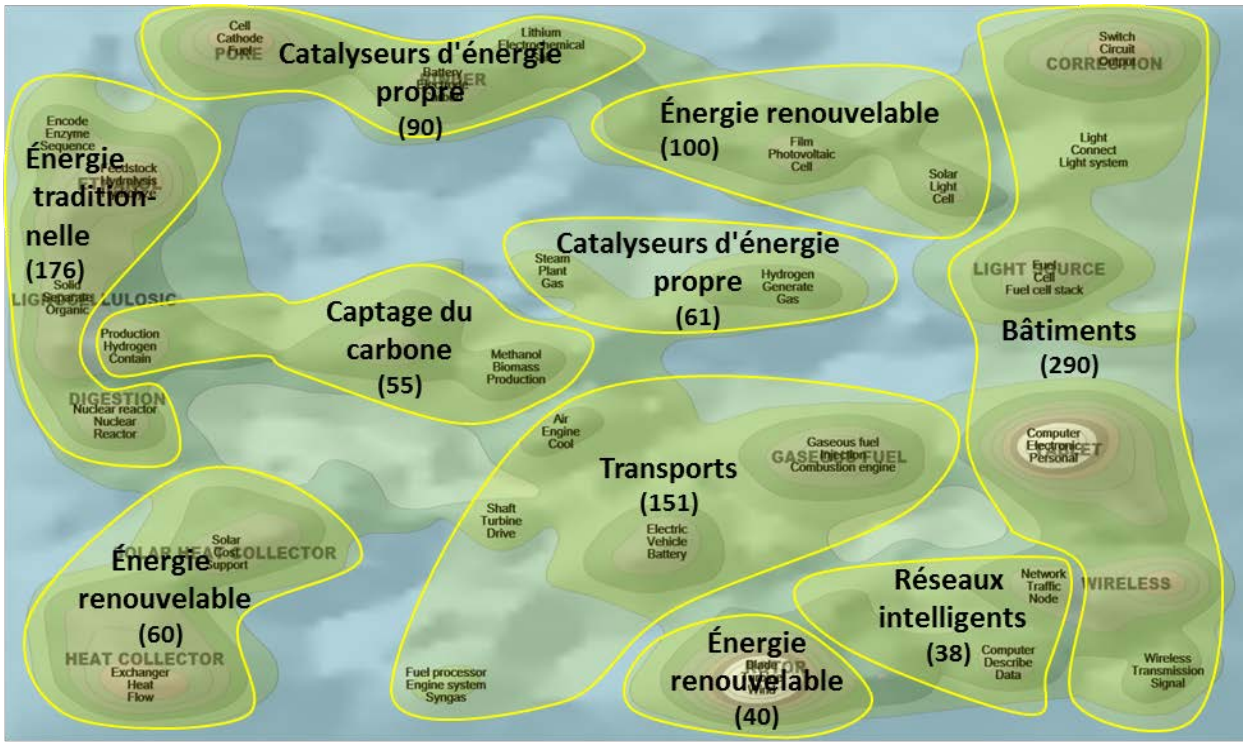
Figure 6 : Inventions d'entreprises dans le domaine des TACC au Canada et à l'échelle mondiale



Une analyse plus poussée des inventions canadiennes et mondiales à valeur élevée révèle que les brevets concernant des TACC représentent en moyenne 1,1 % des brevets octroyés dans le monde chaque année. Lorsque les données sur les familles de brevets à orientation étrangère de l'OMPI pour toutes technologies (c.-à-d. pas seulement les TACC) sont utilisées comme point de comparaison, les demandeurs canadiens représentent près de 1,9 % des familles de brevets à orientation étrangère dans le monde. Cette différence approximative de 0,8 % est révélatrice du faible niveau de spécialisation dans le domaine des TACC, dont rendent également compte les indices ATR.

Les « sommets enneigés » illustrés à la figure 7 représentent les plus fortes concentrations de brevets parmi l'ensemble des brevets liés à des entreprises canadiennes dans le domaine des TACC. Un des sommets de la catégorie des bâtiments est associé aux mots clés « Computer » [ordinateur], « Electronic » [électronique] et « Personal » [personnel]. Ce sommet peut être lié à Blackberry, dont les demandes de brevets à l'égard d'inventions de TACC sont concentrées dans la catégorie des bâtiments. Blackberry est une entreprise spécialisée dans les logiciels de télécommunication sans fil et le matériel mobile. Le fait que les brevets de la catégorie des bâtiments et ceux de la catégorie de l'énergie renouvelable se trouvent à proximité dans le coin supérieur droit de la carte peut s'expliquer par la présence de mots clés liés aux systèmes d'éclairage. Cela concorde avec la nécessité d'accroître l'efficacité de l'éclairage pour réduire les émissions de GES dans l'ensemble de l'environnement bâti, selon le rapport du Groupe de travail sur les possibilités d'atténuation spécifiques.[xxvii] Dans le coin inférieur droit, la proximité des catégories des bâtiments, des transports et des réseaux intelligents peut s'expliquer par la présence de mots clés liés aux technologies de l'information et des communications et aux véhicules électriques. Dans le rapport du Groupe de travail sur les possibilités d'atténuation spécifiques, il est indiqué qu'une capacité supplémentaire de production d'énergie propre pourrait être ajoutée au réseau électrique du Canada afin de répondre à la demande croissante pour une électrification accrue dans les secteurs des transports, de l'industrie et des bâtiments.[xxviii]

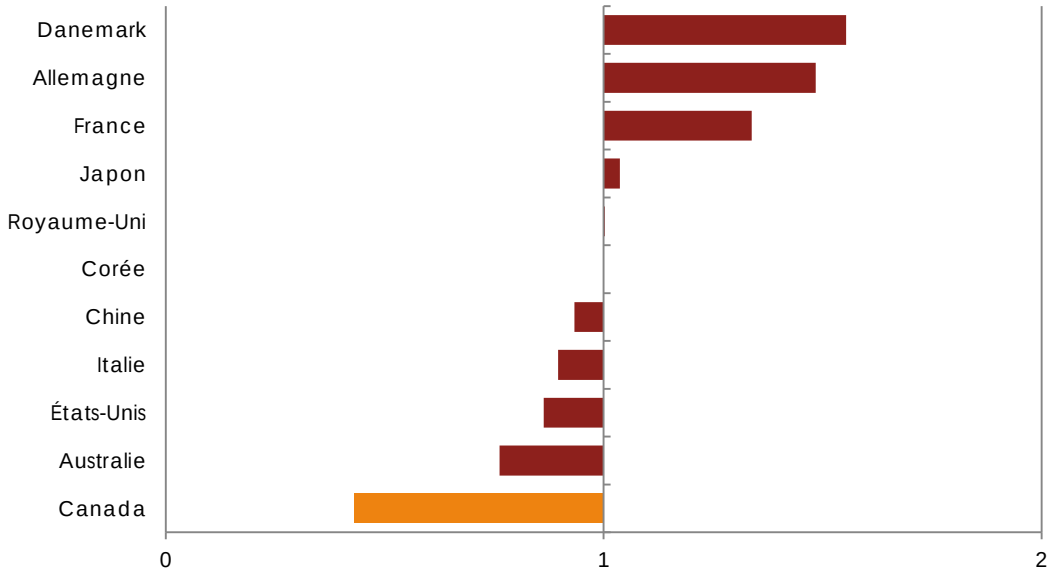
Figure 7 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des entreprises et des institutions canadiennes



Le fait de comparer les indices d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs et des entreprises ainsi que les volumes de brevets correspondants donne une bonne idée des différences considérables qui existent entre chercheurs et entreprises sur le plan du succès. Bien que des chercheurs canadiens aient contribué au succès d'entreprises canadiennes, des entreprises internationales ont également réussi à attirer des talents canadiens, ce qui limite la capacité des entreprises canadiennes à bénéficier de l'expertise acquise au pays. Non seulement, cet accaparement des talents confère aux sociétés internationales un avantage sur les entreprises canadiennes qui rivalisent pour l'obtention des ressources, mais il restreint la contribution de ces talents à l'amélioration de l'économie canadienne.[xxix]

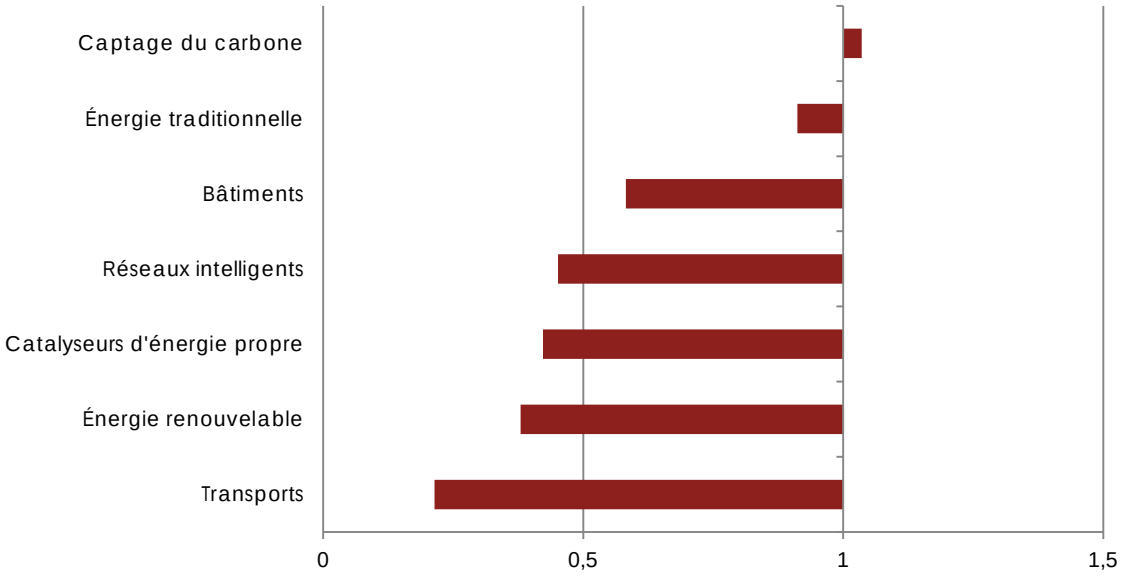
Le fait de comparer les indices ATR des entreprises internationales avec le sous-ensemble des indices ATR canadiens fournit un meilleur aperçu du classement général du Canada. La figure 8 compare l'indice ATR du Canada dans le domaine des TACC à celui des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. L'indice ATR des entreprises canadiennes à l'égard des TACC dans leur ensemble est inférieur à celui de tous les pays de comparaison. Il s'agit d'un contraste marqué par rapport au rang occupé par les chercheurs canadiens à la figure 3.

Figure 8 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des entreprises ou institutions



La présente section compare les indices ATR des entreprises canadiennes dans chacune des sept catégories de TACC. La figure 9 révèle que la seule catégorie de TACC dans laquelle les entreprises canadiennes possèdent une spécialisation relative est le captage du carbone. Là encore, ces résultats sont bien différents de ceux obtenus par les chercheurs canadiens, qui sont relativement spécialisés dans toutes les catégories de TACC à l'exception de celles des transports.

Figure 9 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises et institutions canadiennes selon la catégorie de TACC



La figure 10 présente les entreprises et institutions qui demandent le plus de brevets dans le domaine des TACC à l'échelle mondiale. Les catégories des transports et de l'énergie renouvelable sont les deux secteurs technologiques dans lesquels les principales entreprises à l'échelle mondiale demandent le plus de brevets. Il est intéressant de constater que les entreprises canadiennes qui demandent le plus de brevets sont particulièrement actives dans la catégorie des transports.

Figure 10 : Principales entreprises et institutions à l'échelle mondiale

Entreprise ou institution	Catégorie de technologie
Samsung Electronics Ltée (KR)	Catalyseurs d'énergie propre
General Electric Company (US)	Énergie renouvelable
GM Global Technology Operations Inc. (US)	Transports
Robert Bosch GmbH (DE)	Transports
Panasonic Corporation (JP)	Catalyseurs d'énergie propre
Mitsubishi Electric Corporation (JP)	Énergie renouvelable
Siemens AG (DE)	Énergie renouvelable
Hitachi Ltée (JP)	Transports
LG Electronics Inc. (KR)	Bâtiments
Honda Motors Company Ltée (JP)	Transports
Sanyo Electronic Company Ltée (JP)	Énergie renouvelable
Mitsubishi Electric Corporation (JP)	Énergie renouvelable
Denso Corporation (JP)	Transports
Sumitomo Corporation (JP)	Catalyseurs d'énergie propre
Ford Motor Company (US)	Transports
Airbus Group SE (NL)	Transports
Hyundai Motor Company (KR)	Transports
Toyota Motor Corporation (JP)	Transports
Toshiba Corporation (US)	Bâtiments
Nissan Motor Company Ltée (JP)	Transports
Sony Corporation (JP)	Catalyseurs d'énergie propre
Vestas Wind Systems A/S (DK)	Énergie renouvelable
Sharp Corporation (JP)	Énergie renouvelable
Qualcomm Inc. (US)	Bâtiments
Daimier AG (DE)	Transports

La figure 11 présente les entreprises et institutions canadiennes qui demandent le plus de brevets dans le domaine des TACC. Six de ces principales entreprises ou institutions canadiennes ont une forte activité de brevetage dans le secteur des transports. Blackberry, dont les inventions relèvent principalement de la catégorie des bâtiments, arrive en tête des entreprises canadiennes. Iogen Energy Corporation et Énergie atomique du Canada Ltée sont spécialisées dans la catégorie de l'énergie traditionnelle. Les catalyseurs d'énergie propre sont une autre des catégories de TACC dans laquelle les principales entreprises canadiennes sont bien présentes. Il est intéressant de constater que bon nombre des principales entités qui demandent le plus de brevets dans cette catégorie sont des ministères ou organismes gouvernementaux et des établissements universitaires.

Figure 11 : Principales entreprises et institutions canadiennes

Entreprise ou institution	Catégorie de technologie
BlackBerry Ltée (CA)	Bâtiments
Bombardier Inc. (CA)	Transports
Magna International Inc. (CA)	Transports
Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)	Transports
Westport Power Inc. (CA)	Transports
Iogen Energy Corporation (CA)	Énergies traditionnelles
Conseil national de recherches du Canada (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Angstrom Power Inc. (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Énergie atomique du Canada Ltée (CA)	Énergies traditionnelles
Dana Canada Corporation (CA)	Transports
GreenField Ethanol Inc. (CA)	Énergie traditionnelle
Université de l'Alberta (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Université de la Colombie-Britannique (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
Morgan Solar Inc. (CA)	Énergie renouvelable
W&E International Corporation (CA)	Bâtiments
Ministère des Ressources naturelles (CA)	Énergie traditionnelle
Hydro-Québec (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
ATI Technologies Inc. (CA)	Bâtiments
BDF IP Holdings Ltée (CA)	Catalyseurs d'énergie propre
NxtGen Emission Controls Inc. (CA)	Transports
Université Queen's (CA)	Bâtiments
CO2 Solutions Inc. (CA)	Captage du carbone
OrganoWorld Inc. (CA)	Énergie renouvelable
SunOpta Bioprocess Inc. (CA)	Énergie traditionnelle
Université Western Ontario (CA)	Énergie renouvelable

Les sections qui suivent examinent plus en détail chacune des sept catégories de TACC, soit : transports, énergie renouvelable, bâtiments, catalyseurs d'énergie propre, énergie traditionnelle, réseaux intelligents et captage du carbone. Dans chacune de ces sections, l'activité de brevetage est examinée du point de vue tant des chercheurs canadiens que des entreprises et institutions canadiennes. Une analyse détaillée des secteurs dans lesquels les chercheurs canadiens et les entreprises et institutions canadiennes sont actifs et pourraient détenir un avantage technologique relatif est également présentée dans chacune de ces sections.

Comparaison des avantages technologiques révélés des chercheurs canadiens et des entreprises canadiennes

La figure 12 présente les avantages technologiques révélés des chercheurs canadiens et des entreprises et institutions canadiennes. La comparaison révèle qu'il n'y a que cinq secteurs technologiques dans lesquels les chercheurs canadiens, comme les entreprises et institutions canadiennes, détiennent un avantage technologique révélé. Il s'agit des suivants : combustibles d'origine non fossile, énergie hydraulique, énergie nucléaire, captage du carbone et technologies du bâtiment habilitantes. Une représentation graphique est présentée aux annexes B et C.

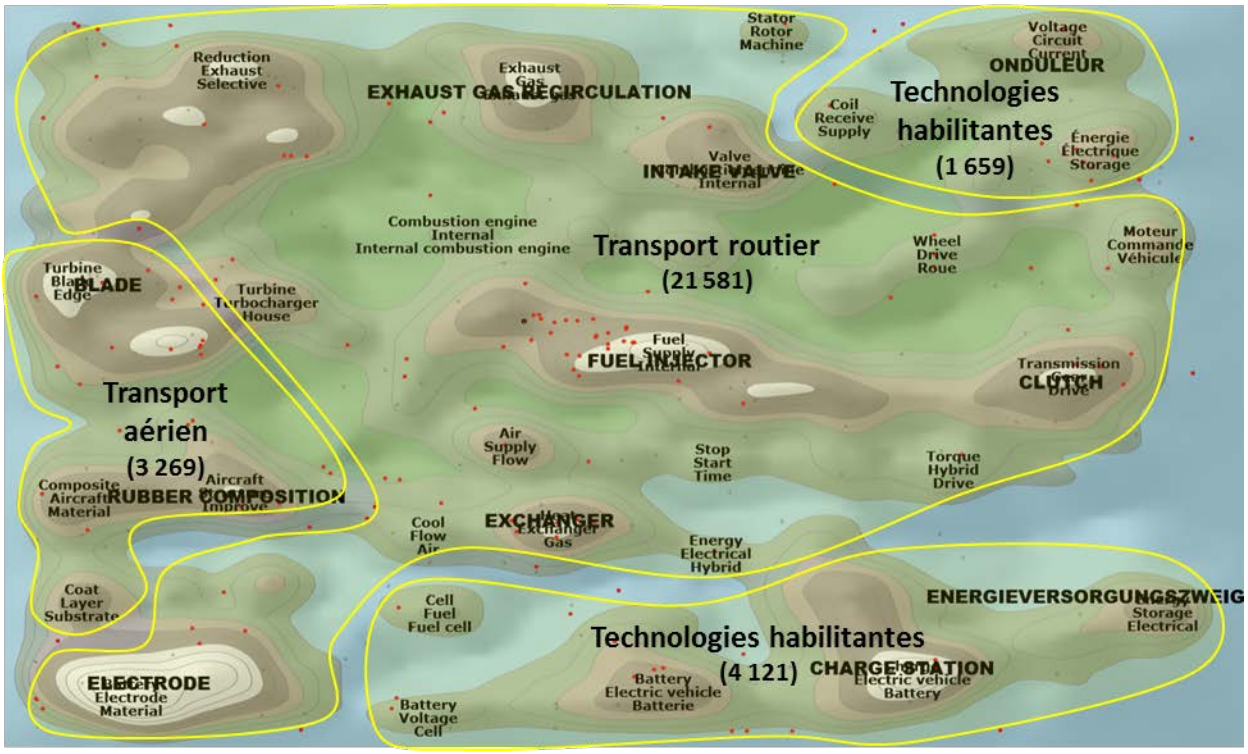
Figure 12 : Comparaison des avantages technologiques révélés (ATR)

Catégories et sous-groupes	ATR des chercheurs	ATR des entreprises
Combustibles d'origine non fossile	2	1.2
Énergie hydraulique	2.5	1.1
Énergie nucléaire	2.8	1
Captage du carbone	1.4	1
Technologies du bâtiment habilitantes	4.4	1
Énergie traditionnelle	1.7	0.9
Énergie géothermique	6.2	0.9
Transport maritime	2	0.8
Hybrides thermiques-PV	0.7	0.8
Énergie renouvelable dans les bâtiments	2.2	0.7
Rendement thermique des bâtiments	3.2	0.7
TIC réduisant la consommation d'énergie	2	0.7
Énergie solaire thermique	1.8	0.6
Technologies de combustion	0.9	0.6
Bâtiments	1.8	0.6
Transport ferroviaire	3.6	0.5
Efficacité des systèmes CVC	1.2	0.5
Énergie de la mer	3.3	0.5
Éclairage éconergétique	1.6	0.5
Réseaux intelligents	2	0.5
Catalyseurs d'énergie propre	1.6	0.4
Énergie renouvelable	1	0.4
Gestion de l'alimentation électrique dans les bâtiments	1.1	0.4
Énergie éolienne	0.9	0.3
Transport aérien	1.8	0.3
Rendement énergétique des appareils électroménagers	1	0.3
Énergie photovoltaïque	0.5	0.3
Transports	0.8	0.2
Transport routier	0.6	0.2
Technologies de transport habilitantes	0.7	0.1
Efficacité de l'alimentation électrique	1	0.1

TRANSPORTS

Les TACC de la catégorie des transports sont conçues principalement pour aider à réduire les émissions de CO_2. Les technologies liées aux véhicules électriques sont un exemple typique de TACC appartenant à la catégorie des transports. Plus précisément, la catégorie des transports comprend les technologies liées à tous les modes de transport, y compris le transport ferroviaire, aérien, maritime et routier. La majeure partie de l'activité de brevetage a lieu dans les sous-groupes du transport aérien, du transport routier et des technologies habilitantes, comme le montre la carte panoramique des brevets dans la catégorie des transports à l'échelle mondiale, illustrée à la figure 13. Les inventions liées au transport ferroviaire et au transport maritime ne sont pas représentées, car elles ne sont pas concentrées dans des secteurs spécifiques sur la carte. La carte panoramique comprend plus de 27 000 inventions et l'activité de brevetage liée au transport routier représente plus de la moitié de l'activité de brevetage totale. Les sommets enneigés qui figurent sur la carte panoramique représentent les plus fortes concentrations de brevets. Le quadrant inférieur droit comprend principalement les inventions liées à l'électrification des véhicules et est isolé du reste de l'ensemble des brevets de la catégorie des transports. Deux sommets à proximité immédiate l'un de l'autre et décrits par des mots clés associés au chargement des batteries sont présents sur la carte; ils représentent un secteur dans lequel l'activité de brevetage est considérable. En dehors de l'électrification des véhicules, les secteurs dans lesquels une activité de brevetage considérable a été observée comprennent les systèmes de contrôle de la combustion et les transmissions de véhicule, comme l'indiquent les sommets associés aux mots clés « reduction » [réduction], « exhaust » [échappement], « selective » [sélectif], « gas » [gaz], « transmission » [transmission], « clutch » [embrayage] et « drive » [entraînement]. Il est intéressant de constater que les brevets liés à des entreprises canadiennes, qui sont représentées par les points rouges, sont surtout concentrés autour du sommet enneigé associé aux mots clés « fuel » [combustible], « supply » [approvisionnement; alimentation] et « internal » [interne], ce qui indique qu'elles sont passablement spécialisées dans des domaines technologiques liés aux systèmes de combustion et aux combustibles.

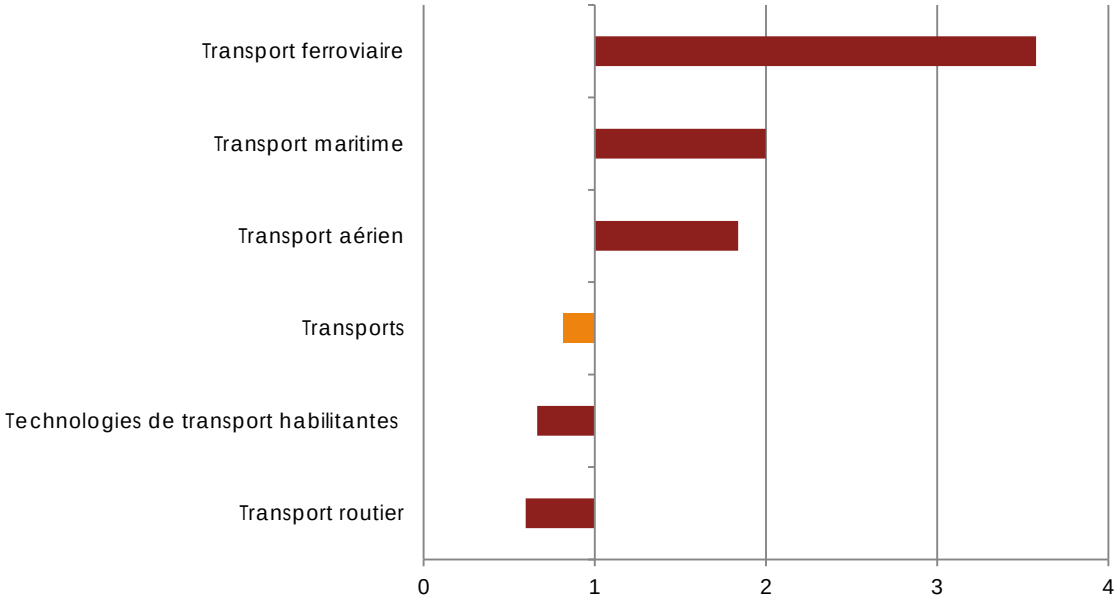
Figure 13 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie des transports à l'échelle mondiale



Chercheurs

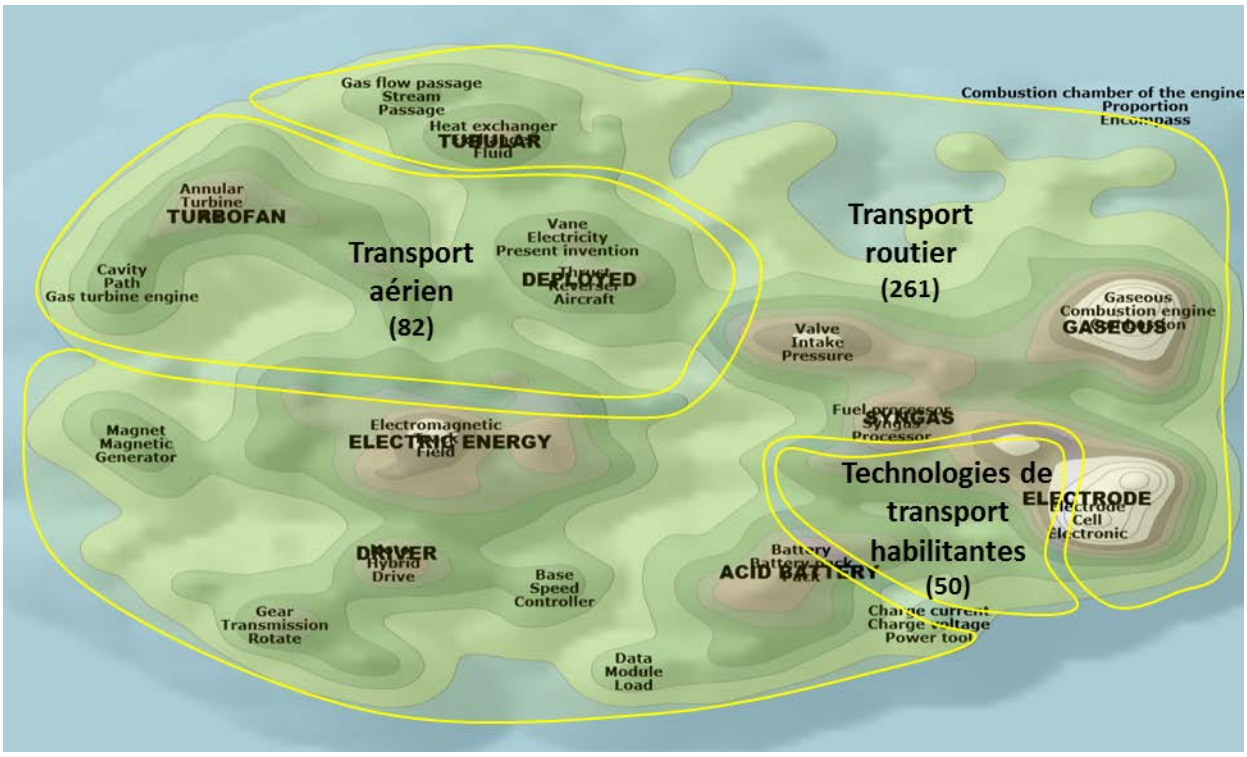
Le niveau de spécialisation des chercheurs canadiens dans chacun des sous-groupes de la catégorie des transports est illustré à la figure 14. Bien que les chercheurs canadiens ne soient pas spécialisés dans les transports de manière générale, leur indice est supérieur à un dans certains sous-groupes. Les chercheurs canadiens détiennent un avantage relatif à l'égard des technologies liées au transport de marchandises et de passagers par voie ferroviaire, maritime ou fluviale, et aérienne.

Figure 14 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie des transports



La carte panoramique illustrée à la figure 15 représente les inventions de chercheurs canadiens et montre uniquement la répartition de ces dernières entre les sous-groupes du transport aérien, du transport routier et des technologies de transport habilitantes de la catégorie des transports, dans lesquels les chercheurs canadiens sont principalement actifs. Les autres sous-groupes de cette catégorie ne sont pas représentés, car le pourcentage d'inventions dans ces sous-groupes est faible. Le transport aérien est un sous-groupe dans lequel les chercheurs canadiens sont actifs et dans lequel ils sont spécialisés.

Figure 15 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie des transports



Les entreprises canadiennes associées à des chercheurs canadiens qui détiennent le plus grand nombre d'inventions à valeur élevée dans la catégorie des transports sont énumérées à la figure 16. La plupart de ces entreprises sont canadiennes. Pratt & Whitney Canada et Westport Power sont associées à plusieurs des principaux chercheurs. Nous verrons dans la prochaine section que ces deux entreprises canadiennes qui sont associées à plusieurs des principaux chercheurs canadiens comptent également parmi les principales entreprises canadiennes dans cette catégorie de TACC.

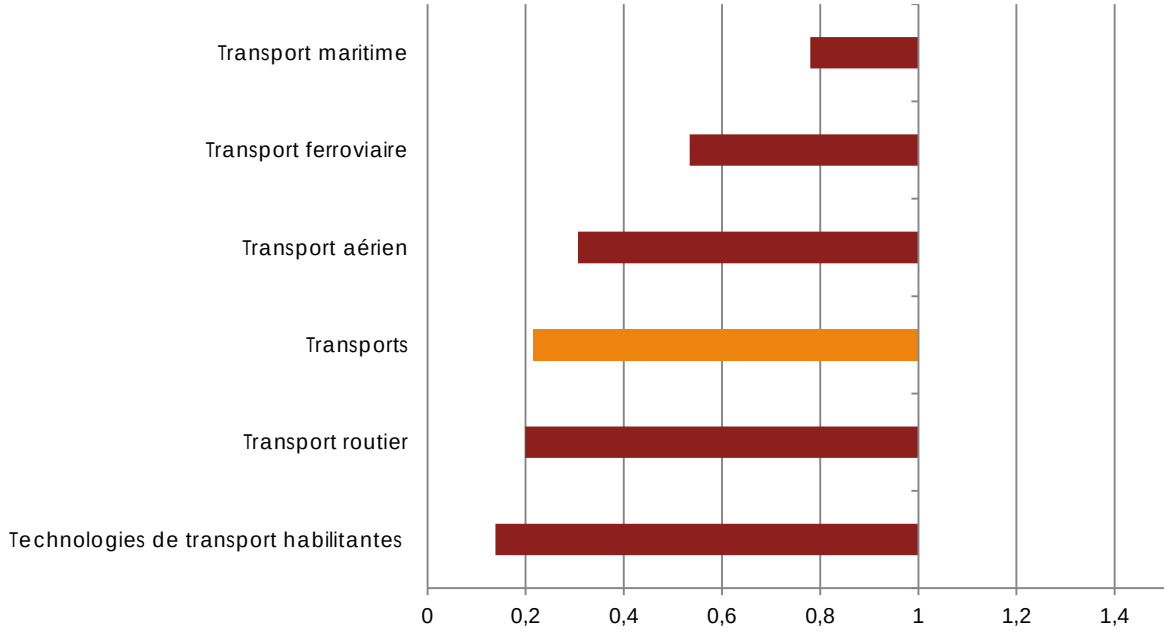
Figure 16 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie des transports

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Donnelly, Frank Wegner	ICR Turbine Engine Corporation (US)
Alecu, Daniel	Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Neels, Jacobus	Westport Power Inc. (CA)
Eleftheriou, Andreas	Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Barnett, Barry	Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Lebastard, Olivier	Westport Power Inc. (CA)
Batenburg, Greg	Westport Power Inc. (CA)
Mumford, David	Westport Power Inc. (CA)
Liu, Xiaoliu	Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Macchia, Enzo	Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Dooley, Kevin Allan	Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Li, Xuantian	Westport Power Inc. (CA)
McTaggart-Cowan, Gordon	Westport Power Inc. (CA)
Balsdon, David William	Continental Automotive Systems Inc. (US)

Entreprises et institutions

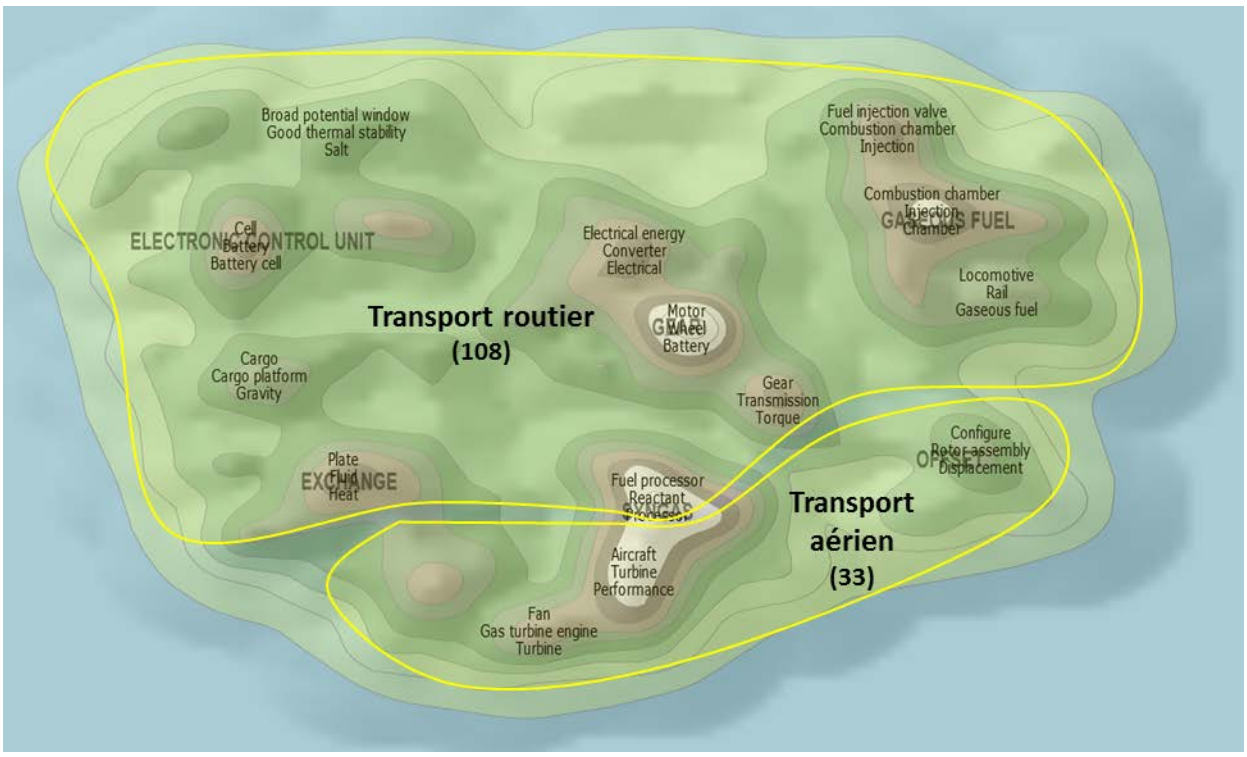
L'indice ATR des entreprises canadiennes dans la catégorie des transports et dans chacun des sous-groupes apparentés est présenté à la figure 17. Les entreprises canadiennes ne sont spécialisées dans aucun des secteurs technologiques liés aux transports.

Figure 17 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises canadiennes dans la catégorie des transports



La carte panoramique illustrée à la figure 18 représente les inventions des entreprises canadiennes. La carte panoramique comprend uniquement les sous-groupes du transport aérien et du transport routier, car la majorité des inventions dans cette catégorie appartiennent à ces deux sous-groupes. Comme sur la carte panoramique mondiale illustrée à la figure 13, le transport routier est le principal sous-groupe dans lequel les entreprises sont actives. Les autres sous-groupes de cette catégorie ne sont pas représentés sur la carte, car le pourcentage d'inventions dans ces sous-groupes est faible. Dans ces deux cartes panoramiques, les mots clés associés aux sommets enneigés sont liés aux combustibles et aux gaz, tandis que les mots clés associés aux technologies de transport aérien sont liés aux turbines. Le sommet enneigé commun aux sous-groupes susmentionnés est associé à des mots clés tels que « fuel processor » [convertisseur de combustible], « reactant » [réactants], « processor » [transformateur], « aircraft » [aéronef], « turbine » [turbine] et « performance » [rendement]. Pratt & Whitney Canada, Bombardier et NxtGen Emission Controls détiennent toutes des inventions à proximité de ce sommet. Les brevets dans ce secteur technologique sont sans doute liés à des systèmes de réduction des émissions et à des méthodes d'exploitation de convertisseurs de combustible. On peut voir sur la carte que le sous-groupe du transport routier comprend un sommet associé à des mots clés tels que « motor » [moteur], « wheel » [roue] et « battery » [batterie]. Les brevets associés à ce sommet sont liés aux véhicules électriques hybrides.

Figure 18 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des entreprises canadiennes dans la catégorie des transports



Le top 10 des entreprises ou institutions canadiennes qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux transports est présenté à la figure 19. Pratt & Whitney Canada Corporation et Westport Power Inc. sont toutes deux associées à plusieurs des principaux chercheurs canadiens énumérés à la figure 16. En ce qui concerne l'activité inventive, Hydro-Québec, à titre d'exemple, détient des brevets liés à des systèmes de recharge pour véhicules électriques. Dana Canada, une entreprise de l'industrie automobile, se spécialise dans les échangeurs thermiques.

Figure 19 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie des transports

Entreprise ou institution
Bombardier Inc. (CA)
Magna International Inc. (CA)
Pratt & Whitney Canada Corporation (CA)
Westport Power Inc. (CA)
Dana Canada Corporation (CA)
NxtGen Emission Controls Inc. (CA)
Hydro-Québec (CA)
Bathium Canada Inc. (CA)
Université Laval (CA)
Advanced Lithium Power Inc. (CA)

Le top 10 des entreprises ou institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux transports à l'échelle mondiale est présenté à la figure 20. La plupart des entreprises mentionnées sont des constructeurs automobiles. À titre d'exemple, GM, Honda, Ford, Hyundai et Nissan font partie de cette liste. Ces entreprises sont pour la plupart américaines ou japonaises. Quelques entreprises européennes figurent également dans ce top 10.

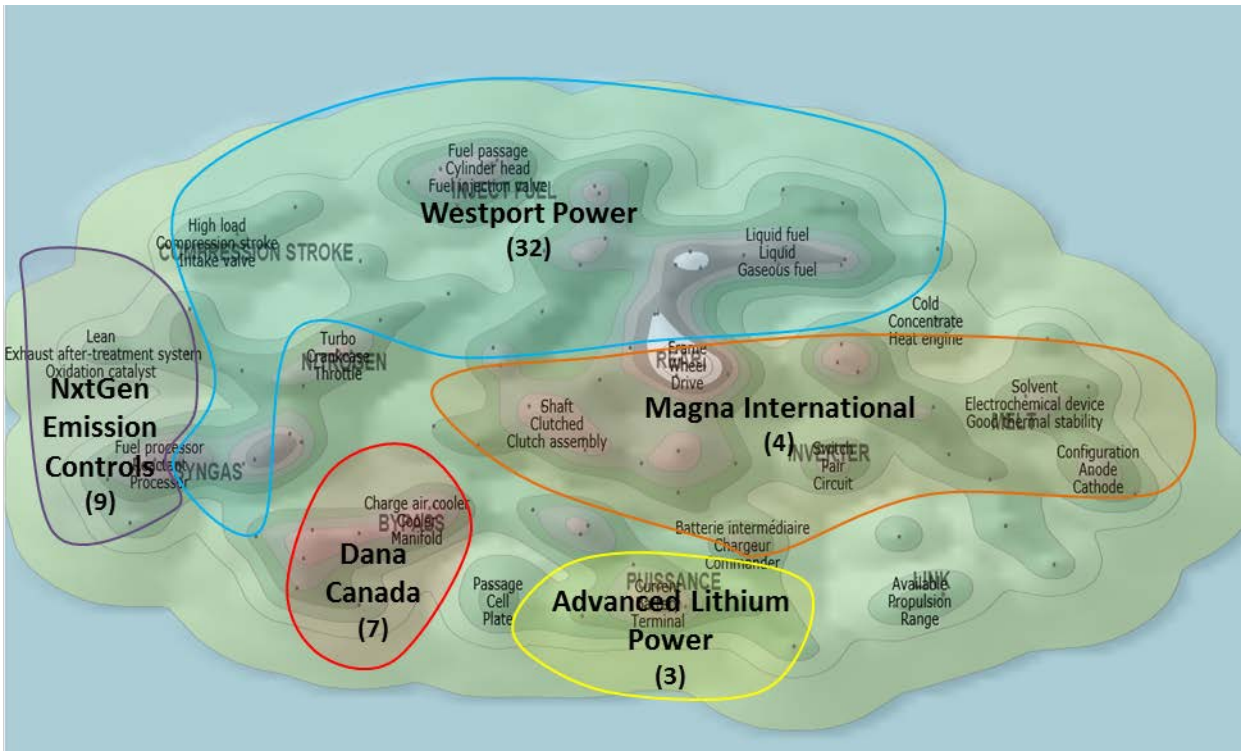
Figure 20 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie des transports à l'échelle mondiale

Entreprise ou institution
GM Global Technology Operations Inc. (US)
Robert Bosch GmbH (DE)
Honda Motors Company Ltée (JP)
Ford Motor Company (US)
Denso Corporation (JP)
Airbus Group SE (NL)
Hitachi Ltée (JP)
General Electric Company (US)
Hyundai Motor Company (KR)
Nissan Motor Company Ltée (JP)

Transport routier

Le transport routier est un sous-groupe dans lequel les chercheurs canadiens sont spécialisés. Il s'agit également du sous-groupe de la catégorie des transports dans lequel l'activité de brevetage est la plus forte à l'échelle mondiale et au pays. Comme le montre la carte panoramique illustrée à la figure 21, qui met en évidence les inventions d'entreprises canadiennes, Westport Power est un acteur de premier plan dans le secteur du transport routier. Les brevets entourant le sommet enneigé associé à des mots clés tels que « wheel » [roue] et « drive » [entraînement], dans le secteur où Westport Power est active, sont liés à des injecteurs de combustibles et à des systèmes d'étalonnage. Advanced Lithium Power se spécialise dans les systèmes de gestion de batteries, tandis que NxtGen Emission Controls se spécialise dans les convertisseurs de combustibles réduisant les émissions de carbone.

Figure 21 : Carte panoramique des principales entreprises canadiennes détenant des inventions dans le sous-groupe du transport routier



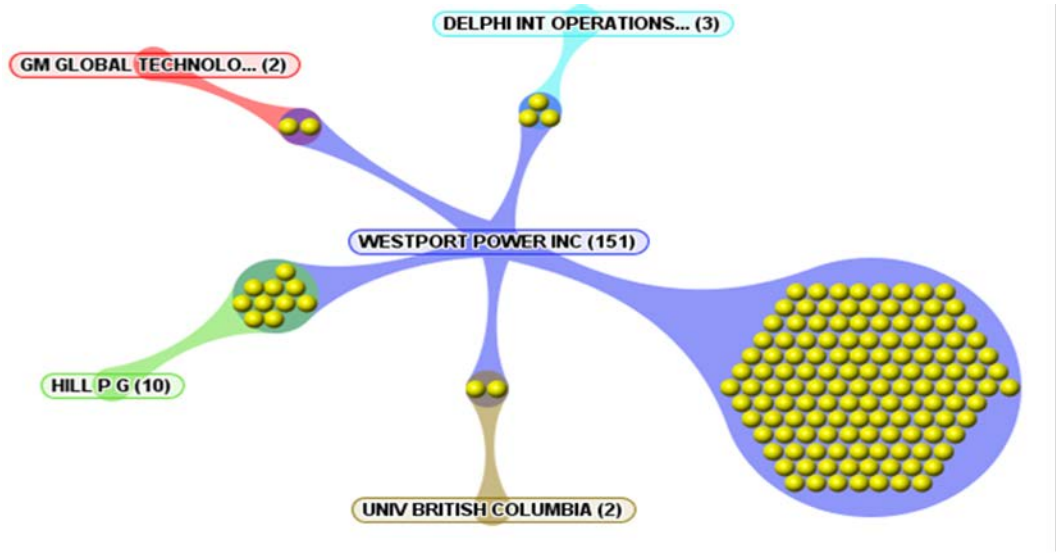
Westport Innovations Inc. – La réussite d'une entreprise issue du milieu universitaire[xxx]

Westport Innovations Inc., une entreprise essaimée issue de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC), compte parmi les entreprises canadiennes qui demandent le plus de brevets dans le secteur technologique des transports. L'entreprise a été fondée en 1994 à la suite d'un accord de licence conclu avec l'University Industry Liaison Office (UILO) de l'UBC. L'expertise qui sous-tend la technologie de Westport tire son origine des travaux de recherche sur l'injection directe à haute pression menés par le doctorant Philip G. Hill à l'UBC en 1982.[xxxi] M. David Demers, un investisseur qui a financé les travaux de recherche de M. Hill, a fondé Westport Research et a conclu avec l'UBC un accord de licence exclusif à l'échelle mondiale. L'entreprise a bénéficié de l'aide de programmes et de partenaires tels que le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du Conseil national de recherches du Canada, Technologies du développement durable du Canada (TDDC), le Science Council of British Columbia et le California Air Resource Board.

En 1998, Westport a acquis de l'UILO la technologie mise au point par M. Hill. La croissance de Westport s'est accélérée lorsque cette dernière a entrepris de vendre sa technologie d'injection directe à haute pression sur les marchés internationaux. Westport a ciblé les entreprises de camionnage et d'autocars et leur a proposé d'intégrer sa technologie à leurs véhicules commerciaux. Dans le cadre de sa stratégie d'expansion, l'entreprise a, entre autres, mis sur pied des coentreprises en partenariat avec de grands fabricants de moteurs diesel et formé des alliances stratégiques avec divers acteurs à toutes les étapes de la chaîne de valeur, tels que General Motors et Delphi International.[xxxii]

Westport est l'exemple parfait d'une entreprise canadienne qui a su mettre à profit sa propriété intellectuelle et profiter des services du Technology Transfer Office de l'UBC pour démarrer, s'implanter et poursuivre sa croissance. Elle y est parvenue en tirant le meilleur parti du financement public disponible et en mobilisant des investissements privés qui lui ont permis de devenir un acteur de calibre mondial. En 2016, Westport a fusionné avec Fuel Systems Solutions Inc. pour former Westport Fuel Systems Inc., une société mondiale spécialisée dans la conception, la fabrication et la distribution de systèmes et de composantes à combustibles de remplacement.[xxxiii]

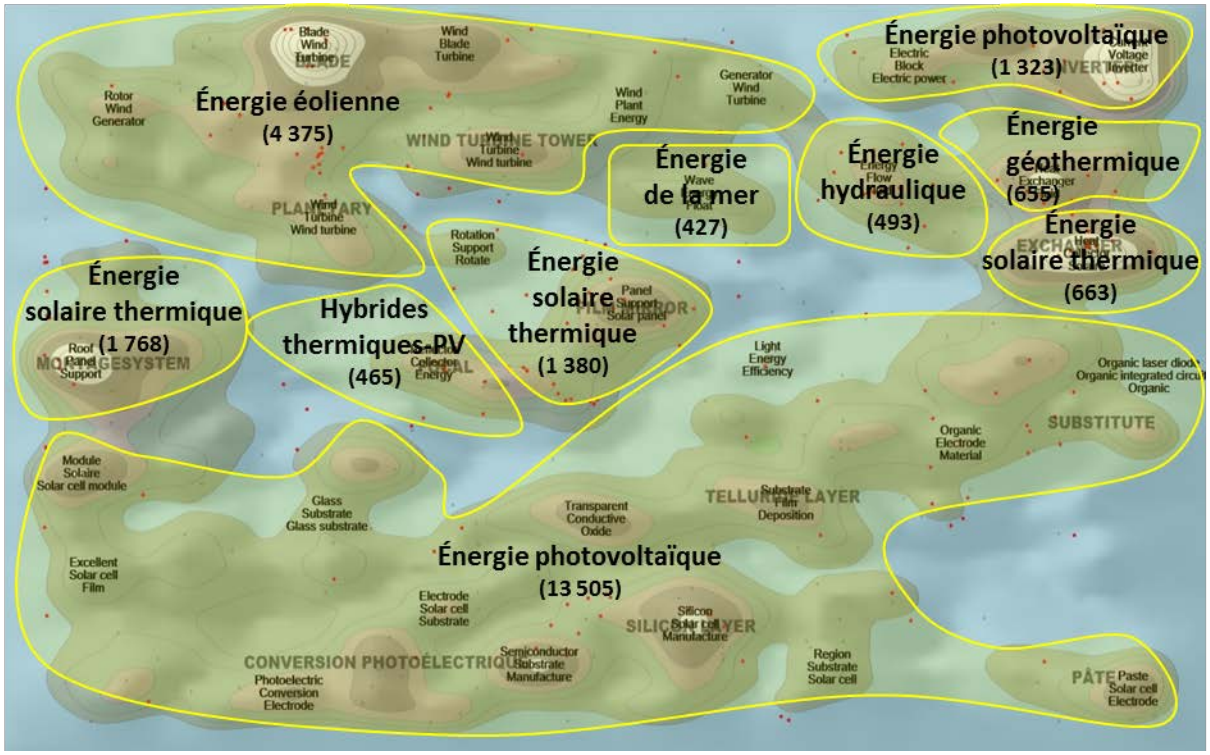
Figure 22 : Carte des collaborations de Westport Innovations



ÉNERGIE RENOUVELABLE

La catégorie de l'énergie renouvelable comprend les sous-groupes de l'énergie hydraulique, de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire thermique, de l'énergie photovoltaïque (PV), des hybrides thermiques-PV, de l'énergie de la mer et de l'énergie géothermique. Ces sous-groupes représentent tous des solutions de rechange à l'énergie produite à partir de combustibles fossiles qui est en partie responsable des émissions de CO_2 et d'autres gaz à effet de serre. Ces sous-groupes sont illustrés à la figure 23, qui montre la carte panoramique des brevets de la catégorie de l'énergie renouvelable à l'échelle mondiale, et représente plus de 20 000 inventions. Il apparaît clairement que la plus grande partie de l'activité de brevetage est liée à l'énergie éolienne et à l'énergie photovoltaïque. Le secteur technologique de l'énergie solaire thermique regroupe également un nombre considérable de brevets, mais pas autant que les deux secteurs susmentionnés. Il est intéressant de constater que les brevets liés à des entreprises canadiennes, lesquelles sont représentées par des points rouges, sont concentrés dans les secteurs qui se trouvent à proximité des sommets, là où l'activité de brevetage est importante. Cela indique le niveau de participation des entreprises canadiennes à des sous-groupes de TACC dans lesquels la concurrence est plus forte. Les sommets enneigés qui figurent sur la carte panoramique représentent les plus fortes concentrations de brevets. Dans le quadrant supérieur gauche de la carte, là où se trouvent les inventions liées à l'énergie éolienne, un sommet enneigé est associé à des mots clés tels que « blade » [pale], « wind » [vent] et « turbine » [turbine]. Les inventions qui se trouvent dans cette zone concernent des méthodes et des appareils d'assemblage de pales d'éolienne destinés à accroître la quantité d'énergie provenant d'éoliennes et d'agencements de pales de rotor. Un autre sommet enneigé est présent dans le quadrant droit de la carte, dans le secteur de l'énergie solaire thermique, qui est associé à des mots clés tels que « heat » [chaleur], « collector » [capteur] et « solar » [solaire] et lié à des systèmes thermiques solaires pour le chauffage des bâtiments, à des capteurs solaires et à d'autres inventions.

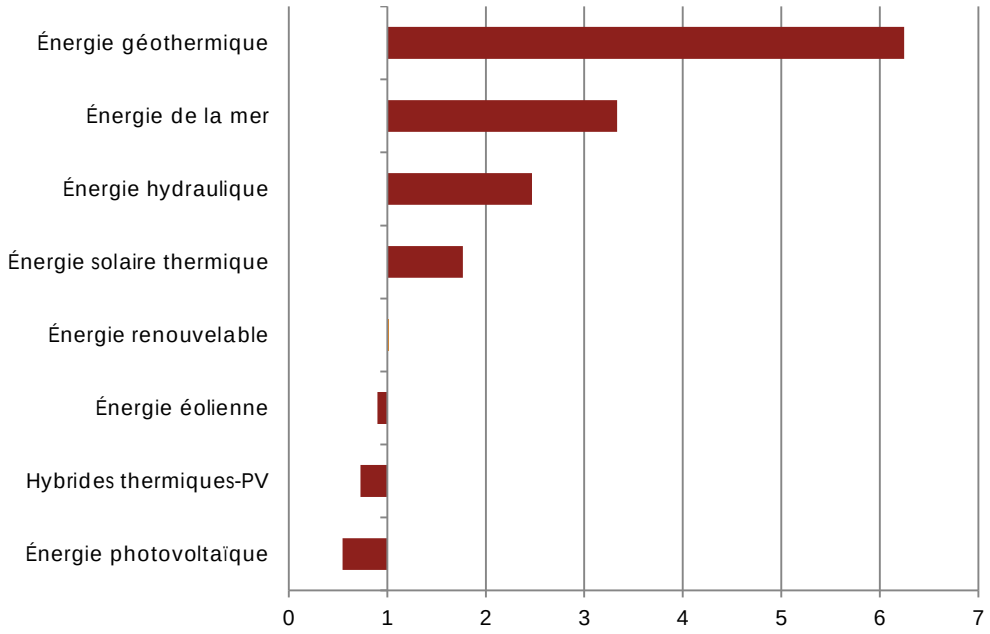
Figure 23 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie de l'énergie renouvelable à l'échelle mondiale



Chercheurs

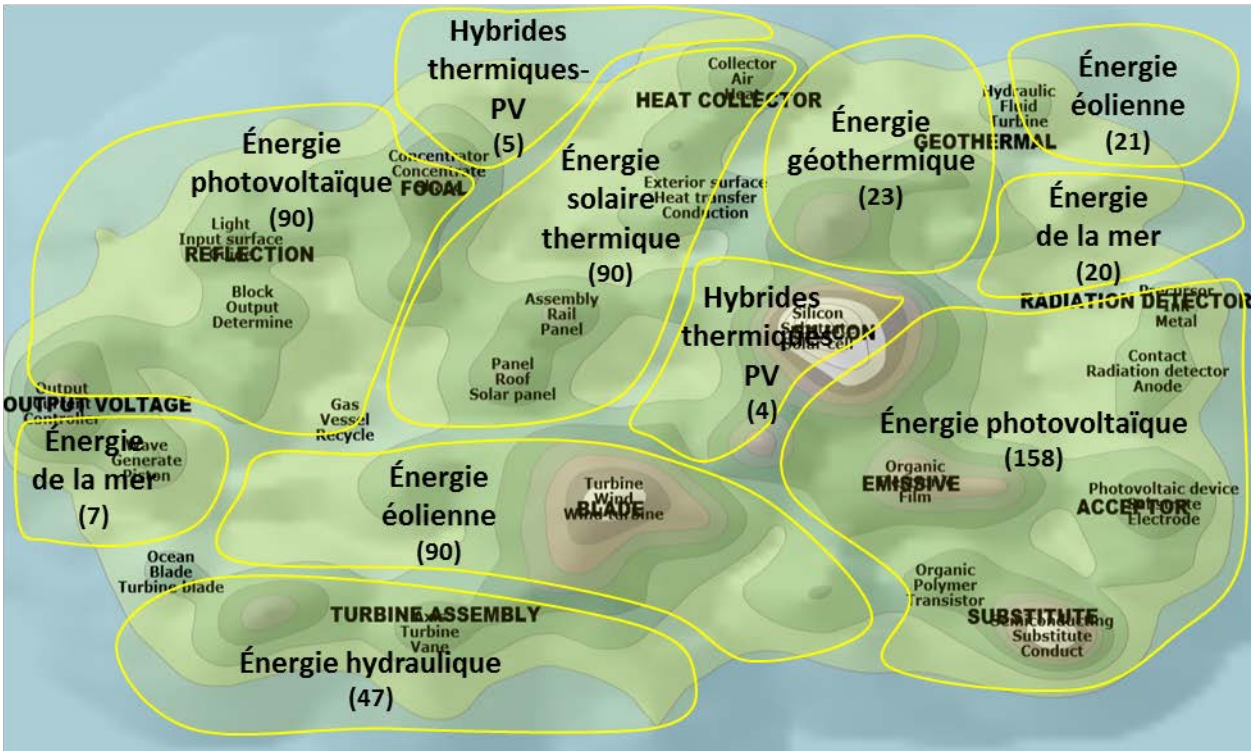
L'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens montre que ces derniers ont contribué à l'avancement des technologies dans la catégorie de l'énergie renouvelable, car l'indice ATR global présenté à la figure 24 est légèrement supérieur à un, ce qui indique l'existence d'une spécialisation. On peut voir que les chercheurs canadiens possèdent une spécialisation relative dans les sous-groupes de l'énergie géothermique, de l'énergie de la mer, de l'énergie hydraulique et de l'énergie solaire thermique.

Figure 24 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie renouvelable



La carte panoramique illustrée à la figure 25, qui représente les inventions de chercheurs canadiens, met en évidence les sous-groupes de la catégorie de l'énergie renouvelable. La plus grande partie de l'activité de brevetage des chercheurs canadiens est liée à l'énergie photovoltaïque et à l'énergie éolienne, une situation comparable à celle qui est représentée sur la carte panoramique mondiale illustrée à la figure 23. Les sommets enneigés sont situés dans les secteurs de l'énergie éolienne, de l'énergie photovoltaïque et des hybrides thermiques-PV. Le sommet enneigé présent dans le secteur de l'énergie éolienne est associé à des mots clés tels que « turbine » [turbine] et « wind » [vent] qui sont liés à des générateurs éoliens et il est en cela comparable au sommet présent sur la carte panoramique mondiale illustrée à la figure 23 qui est associé à des mots clés tels que « blade » [pale], « wind » [vent], et « turbine » [turbine] également liés à des générateurs éoliens.

Figure 25 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie renouvelable



Les principales entreprises canadiennes qui sont associées à des chercheurs canadiens et détiennent le plus grand nombre d'inventions à valeur élevée dans la catégorie de l'énergie renouvelable sont énumérées à la figure 26. On peut voir que la plupart des entreprises qui sont associées à un chercheur canadien sont soit canadiennes soit américaines. Dans la prochaine section, nous verrons que certaines des entreprises ou institutions canadiennes qui sont associées à un des principaux chercheurs canadiens comptent également parmi les principales entreprises canadiennes de cette catégorie.

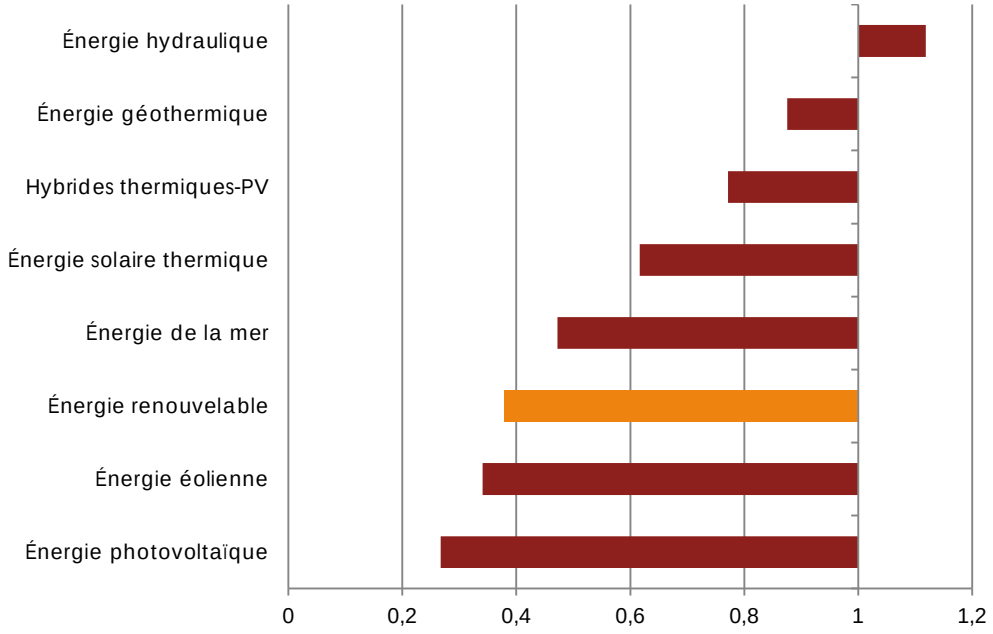
Figure 26 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie renouvelable

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Morgan, John Paul	Morgan Solar Inc. (CA)
Fafard, Simon	Cyrium Technologies Inc. (CA)
Churchill, Frédérick	OrganoWorld Inc. (CA)
Werner, Mark	Magna International Inc. (CA)
Desmeules, Alain	Pretech (CA)
Ferguson, Frederick	Magna International Inc. (CA)
Burger, Martin	Blue Energy Canada Inc. (CA)
Garabandic, Djordje	Schneider Electric USA Inc. (US)
Hu Nan-Xing	Xerox Corporation (US)
Kleiman, Rafael Nathan	Arise Technologies Corporation (CA)
Klenkler, Richard	Xerox Corporation (US)
Davies, Micheal	Sixtron Advanced Materials (CA)
Wootton, Gerald	ATS Automation Tooling Systems Inc. (CA)
Mironov, Gabriel	Suzhou Red Maple Wind Blade Mould Company Ltée (CN)
Huazi, Lin	W&E International Canada Corporation (CA)
Yuen, Avery	Xerox Corporation (US)
Sabourin, Michel	Alstom Technology Ltée (CH)
Vachon, Christian	Enerconcept Technologies Inc. (CA)
Bamsey, Nathan	Xerox Corporation (US)
Vettese, Sharolyn	Wind Simplicity Inc. (CA)
Wu, Yiliang	Xerox Corporation (US)
Ding, Zhifeng	Université Western Ontario (CA)

Entreprises et institutions

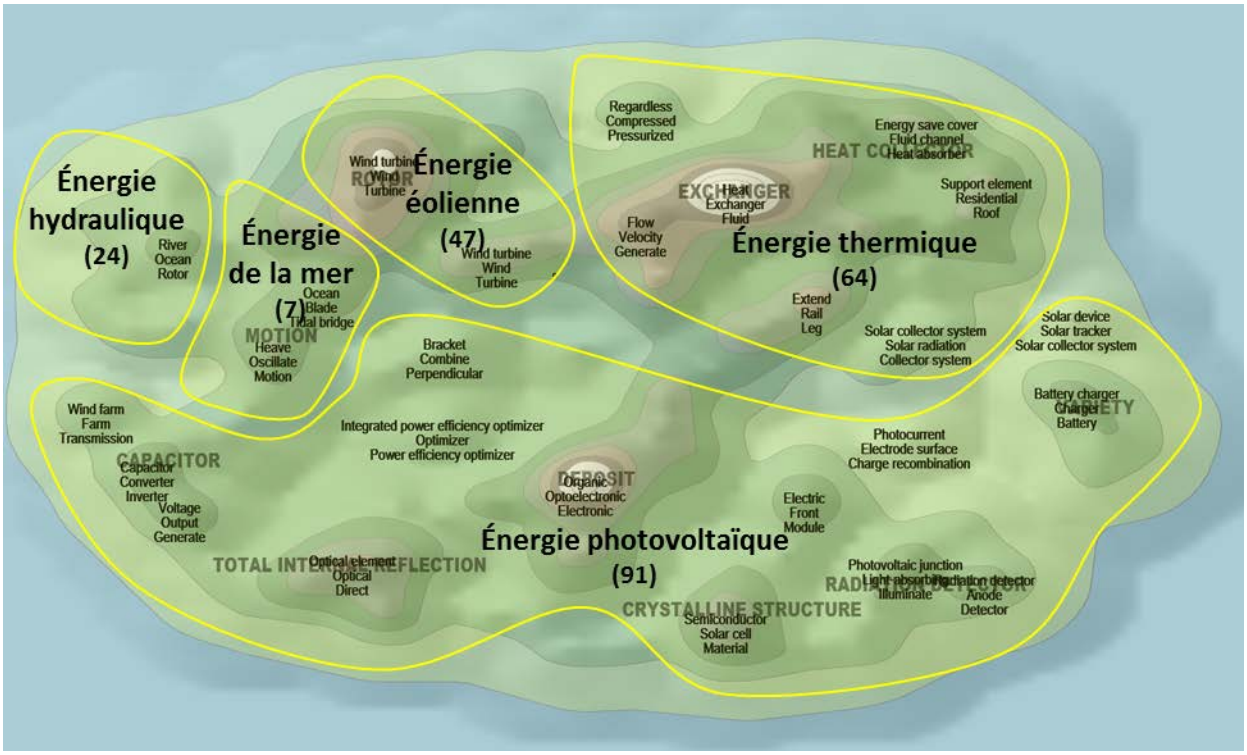
L'indice ATR des entreprises canadiennes dans la catégorie de l'énergie renouvelable et dans chacun des sous-groupes apparentés est présenté à la figure 27. On peut voir que l'énergie hydraulique est le seul sous-groupe de la catégorie de l'énergie renouvelable dans lequel les entreprises canadiennes sont spécialisées. L'énergie hydraulique est également un sous-groupe dans lequel les chercheurs canadiens sont spécialisés. Les chercheurs canadiens possèdent également une spécialisation dans les sous-groupes de l'énergie géothermique, de l'énergie de la mer et de l'énergie solaire thermique, ce qui n'est pas le cas des entreprises canadiennes.

Figure 27 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises canadiennes dans la catégorie de l'énergie renouvelable



La répartition de l'activité de brevetage des entreprises canadiennes dans le secteur de l'énergie renouvelable illustrée à la figure 28 n'est pas si différente de celle illustrée sur la carte panoramique de la figure 23, et ce, malgré qu'elle représente seulement 1 % des brevets demandés par les entreprises dans le secteur de l'énergie renouvelable à l'échelle mondiale. Les brevets liés à l'énergie photovoltaïque représentent une part considérable des brevets de cette catégorie. Comme sur la carte panoramique mondiale et sur la carte panoramique des chercheurs canadiens, un sommet enneigé est présent dans le secteur de l'énergie éolienne et lié à des turbines éoliennes. Un autre sommet enneigé est présent dans le secteur de l'énergie thermique, qui regroupe l'énergie géothermique, les hybrides thermiques-PV et l'énergie solaire thermique. Ce regroupement est associé à des mots clés tels que « heat » [chaleur], « exchanger » [échangeur] et « fluid » [fluide] et les inventions sont liées à des systèmes de transfert d'énergie géothermique et à des systèmes de captage d'énergie solaire thermique, entre autres. Le sommet enneigé associé aux mots clés « organic » [biologique], « optoelectronic » [optoélectronique] et « electronic » [électronique], qui est présent dans le secteur de l'énergie photovoltaïque, est associé à des inventions du gouvernement et d'universités. Plus précisément, les inventions à l'égard desquelles des demandes de brevet ont été déposées par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), l'Université Laval, l'Université de Waterloo, l'Université de l'Alberta et l'Université Simon Fraser se trouvent à proximité de ce sommet.

Figure 28 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des entreprises canadiennes dans la catégorie de l'énergie renouvelable



Magna International et Morgan Solar comptent parmi les principales entreprises canadiennes qui détiennent des brevets à l'égard de TACC à être spécialisées dans l'énergie renouvelable. Le nombre de demandes de brevet déposées par ces entreprises est néanmoins largement inférieur au nombre de demandes déposées par les entreprises d'autres pays dont l'activité de brevetage est la plus forte. Magna, Morgan Solar et OrganoWorld sont des exemples d'entreprises canadiennes de premier plan qui sont également associées à des chercheurs canadiens de premier plan parmi ceux énumérés à la figure 26. Magna International, une entreprise de fabrication de pièces automobiles, est également présente sur le marché de l'énergie solaire.[xxxiv] L'entreprise détient des inventions liées à des ensembles de panneaux solaires et de réflecteurs solaires. Morgan Solar, comme son nom l'indique, se spécialise également dans l'énergie solaire.

Figure 29 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie de l'énergie renouvelable

Entreprise ou institution
Magna International Inc. (CA)
Morgan Solar Inc. (CA)
W&E International Corporation (CA)
Conseil national de recherches du Canada (CA)
OrganoWorld Inc. (CA)
Day4 Energy Inc. (CA)
Cyrium Technologies Inc. (CA)
Université de la Colombie-Britannique (CA)
Université Western Ontario (CA)
Université de l'Alberta (CA)

Les entreprises qui demandent le plus de brevets dans le secteur de l'énergie renouvelable sont présentées à la figure 30 et comprennent Siemens AG, General Electric, Vestas Wind Systems, et Sanyo Electronic. La plupart de ces entreprises sont soit allemandes soit asiatiques, et principalement établies au Japon et en Corée.

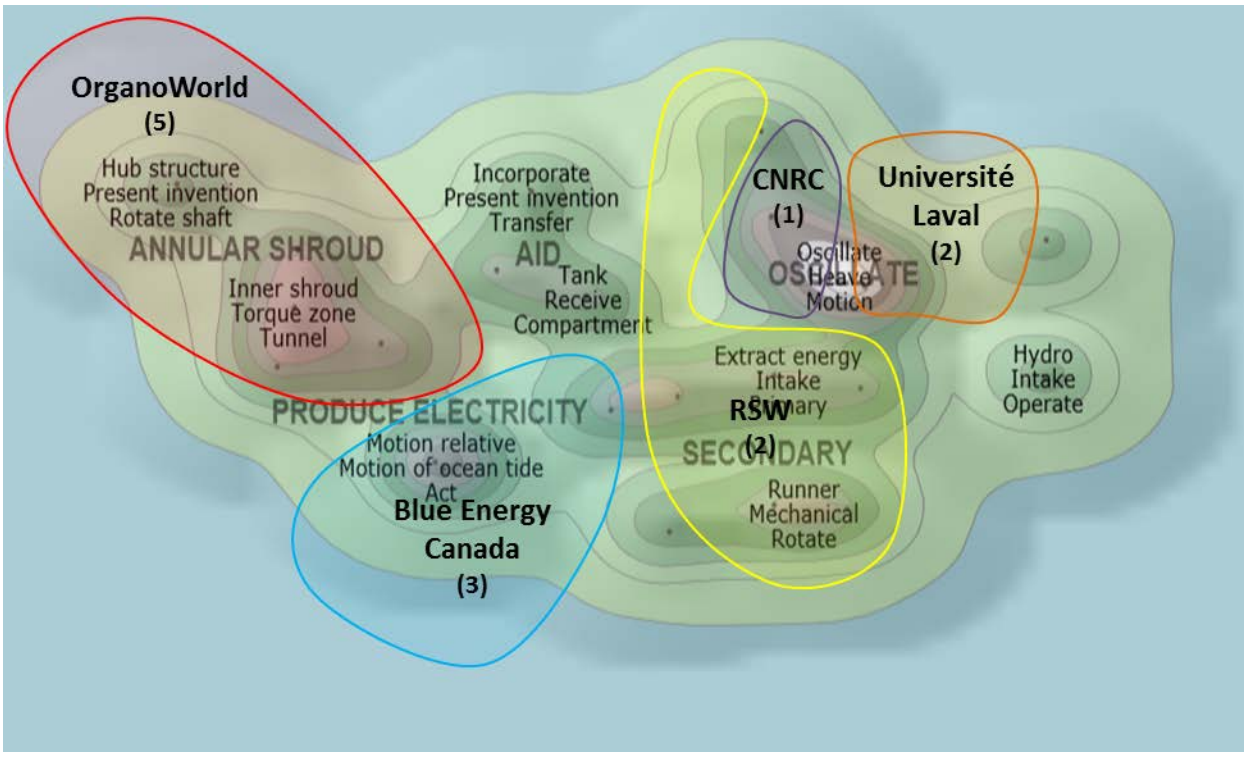
Figure 30 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie de l'énergie renouvelable

Entreprise ou institution
Siemens AG (DE)
General Electric Company (US)
Vestas Wind Systems A/S (DK)
Sanyo Electronic Company Ltée (JP)
Sharp Corporation (JP)
LG Electronics Inc. (KR)
Samsung Electronics Ltée (KR)
Mitsubishi Electric Corporation (JP)
Robert Bosch GmbH (DE)
Fujifilm Corporation (JP)

Énergie hydraulique

Le Canada est l'un des principaux producteurs et l'un des rares exportateurs nets d'hydroélectricité dans le monde. C'est également lui qui possède le système de production d'électricité le plus propre et le plus renouvelable parmi les pays du G8.[xxxv] Malgré un très faible nombre d'inventions, l'énergie hydraulique est le seul sous-groupe dans lequel les chercheurs canadiens et les entreprises canadiennes sont tous deux spécialisés. La carte panoramique illustrée à la figure 31 met en évidence les principaux acteurs canadiens dans le sous-groupe de l'énergie hydraulique. OrganoWorld Inc., qui est une entreprise chef de file dans le secteur de l'énergie hydraulique, détient également des inventions dans la plupart des catégories de TACC. RSW Inc., une entreprise de premier plan qui comptait 550 employés et fournissait des services à des clients sur des marchés finaux clés, y compris la production, la transmission et la distribution d'énergie hydraulique, a été acquise par AECOM Technology, une entreprise américaine, en 2010.[xxxvi] Le sommet enneigé associé aux mots clés « oscillating » [oscillant], « heave » [pilonnement] et « motion » [mouvement] est lié à des inventions de l'Université Laval et du Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Ces inventions comprennent des turbines à ailerons oscillants qui constituent une solution plus renouvelable pour remplacer les turbines à axe horizontal traditionnelles qui sont actuellement plus couramment utilisées pour la production d'énergie éolienne et de la mer.[xxxvii]

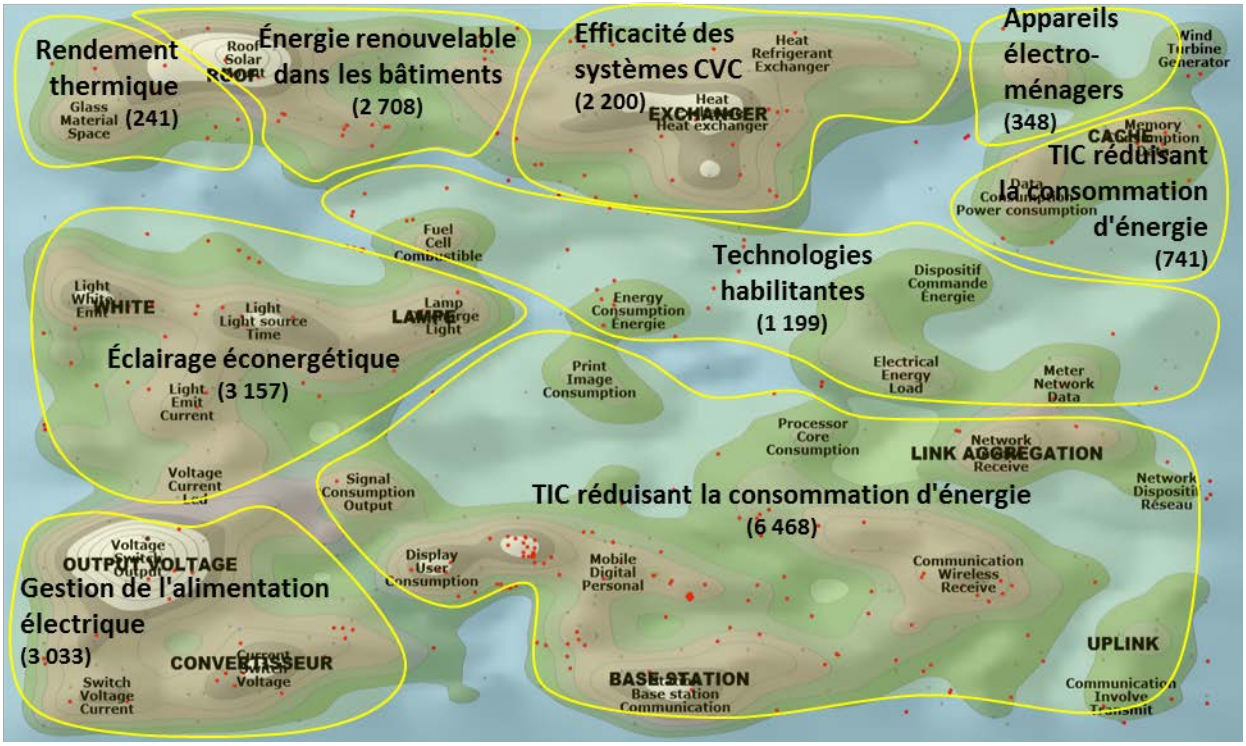
Figure 31 : Carte panoramique des principales entreprises canadiennes détenant des inventions dans le sous-groupe de l'énergie hydraulique



BÂTIMENTS

Les TACC de la catégorie des bâtiments sont conçues principalement pour aider à réduire les émissions de CO_2 grâce à une utilisation plus efficace de l'énergie dans tous les aspects des bâtiments. Cette catégorie comprend les sous-groupes suivants : technologies du bâtiment habilitantes, rendement thermique des bâtiments, énergie renouvelable dans les bâtiments, technologies de l'information et des communications (TIC) réduisant la consommation d'énergie, éclairage éconergétique, efficacité des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC), gestion de l'alimentation électrique dans les bâtiments et rendement énergétique des appareils électroménagers. Ces sous-groupes sont indiqués sur la carte panoramique illustrée à la figure 32, qui montre les activités de brevetage dans la catégorie des bâtiments à l'échelle mondiale. La carte panoramique représente environ 20 000 inventions. Le niveau d'activité le plus élevé est observé dans le sous-groupe des TIC réduisant la consommation d'énergie. Les autres secteurs dans lesquels le niveau d'activité est considérable sont ceux de la gestion de l'alimentation électrique, de l'éclairage éconergétique, de l'énergie renouvelable et de l'efficacité des systèmes de CVC. Les points rouges, qui représentent des inventions d'entreprises canadiennes, sont répartis dans l'ensemble de la carte. Les Canadiens sont particulièrement actifs dans le secteur des TIC réduisant la consommation d'énergie. Un sommet enneigé associé à la gestion de l'alimentation électrique et assorti de mots clés tels que « voltage » [tension] et « switch » [interrupteur] est présent dans le coin inférieur gauche de la carte. Ce sommet comprend les brevets liés aux méthodes et appareils de conversion d'énergie permettant une utilisation plus efficace de l'énergie. Un autre sommet enneigé est présent dans le coin supérieur droit de la carte panoramique. Ce sommet est lié aux technologies du sous-groupe de l'énergie renouvelable dans les bâtiments et associé à des mots clés tels que « roof » [toit], « solar » [solaire] et « mount » [support]. Les brevets situés dans ce secteur concernent principalement de l'équipement servant à installer des panneaux solaires sur les toits.

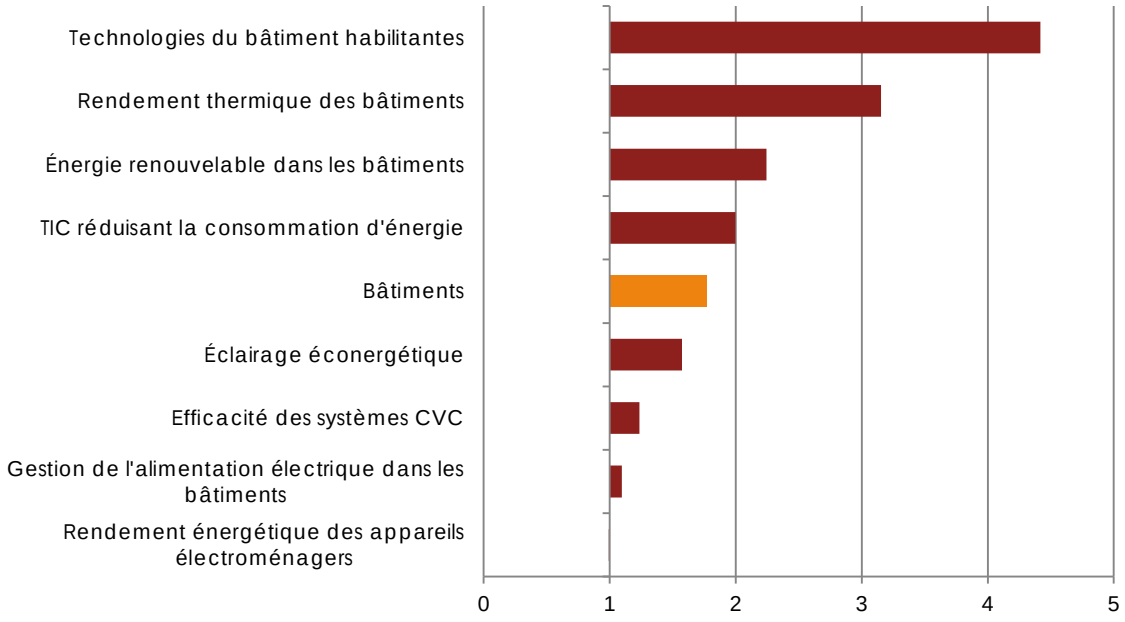
Figure 32 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie des bâtiments à l'échelle mondiale



Chercheurs

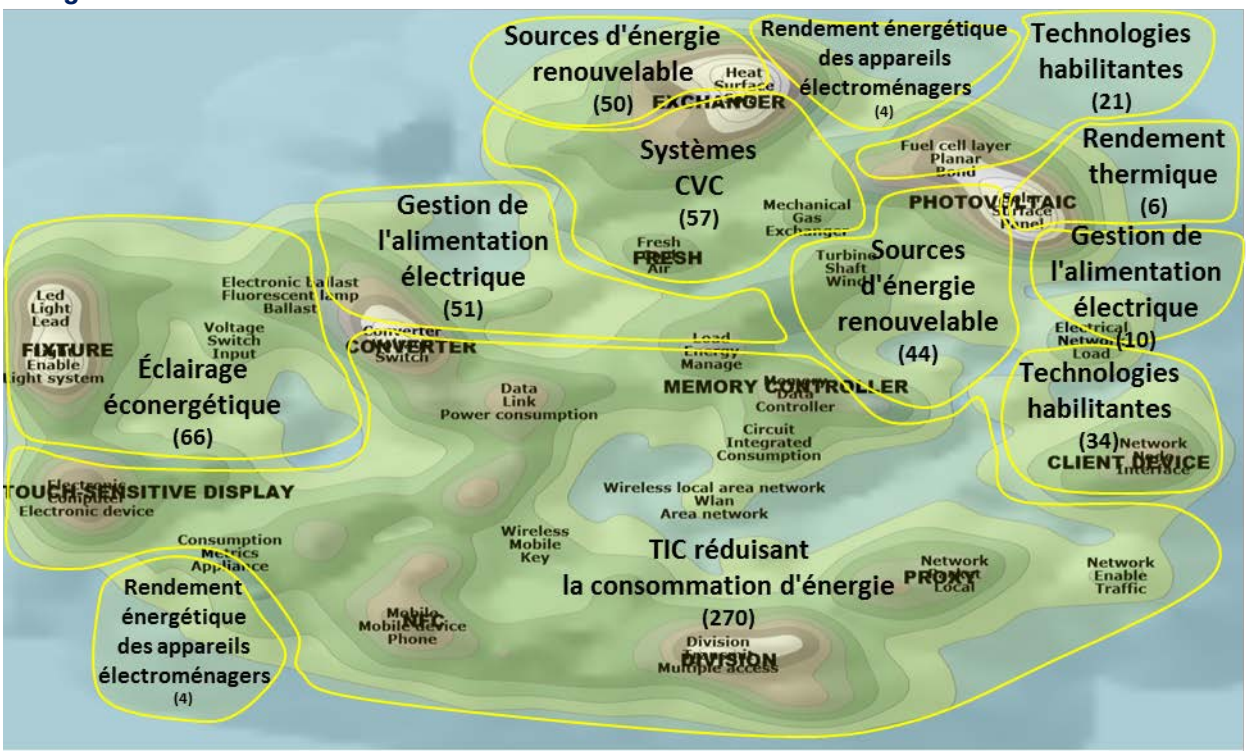
Le niveau de spécialisation des chercheurs canadiens dans la catégorie des bâtiments et dans chacun des sous-groupes apparentés est illustré à la figure 33. Les indices d'avantage technologique révélé (ATR) sont supérieurs à un dans tous les sous-groupes sauf un, soit celui du rendement énergétique des appareils électroménagers. Ces indices sont révélateurs du niveau de spécialisation des chercheurs canadiens dans cette catégorie. L'activité observée dans le sous-groupe du rendement énergétique des appareils électroménagers a également été moindre à l'échelle mondiale comparativement à celle observée dans les autres sous-groupes.

Figure 33 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie des bâtiments



La carte panoramique illustrée à la figure 34 met en évidence l'activité de brevetage des chercheurs canadiens. Comme sur la carte panoramique mondiale illustrée à la figure 32, une activité de brevetage considérable est observée dans le secteur technologique des TIC réduisant la consommation d'énergie. Un sommet enneigé associé à des mots clés tels que « division » [division], « transmit » [transmettre] et « multiple access » [accès multiples] est présent au bas de la carte, là où se situe la plupart des brevets liés à des TIC réduisant la consommation d'énergie. Les inventions entourant ce sommet sont associées à des entreprises telles que Qualcomm et Blackberry, et concernent principalement des méthodes et des appareils de contrôle de la puissance de transmission à l'intérieur de réseaux de communication. Le sommet enneigé présent dans la partie gauche centrale de la carte, là où se trouve la plupart des brevets liés à l'éclairage éconergétique, est associé à des mots clés tels que « led » [DEL], « light » [lumière], « lead » [plomb], « enable » [habiliter] et « light system » [système d'éclairage].

Figure 34 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie des bâtiments



Les principaux chercheurs canadiens et l'entreprise ou institution à laquelle ils sont associés sont présentés à la figure 35. Plus de la moitié d'entre eux sont associés à Blackberry. Les autres travaillent pour des entreprises canadiennes, américaines ou européennes. Dans la section portant sur les entreprises, nous verrons que Blackberry compte également parmi les principales entreprises canadiennes dans cette catégorie.

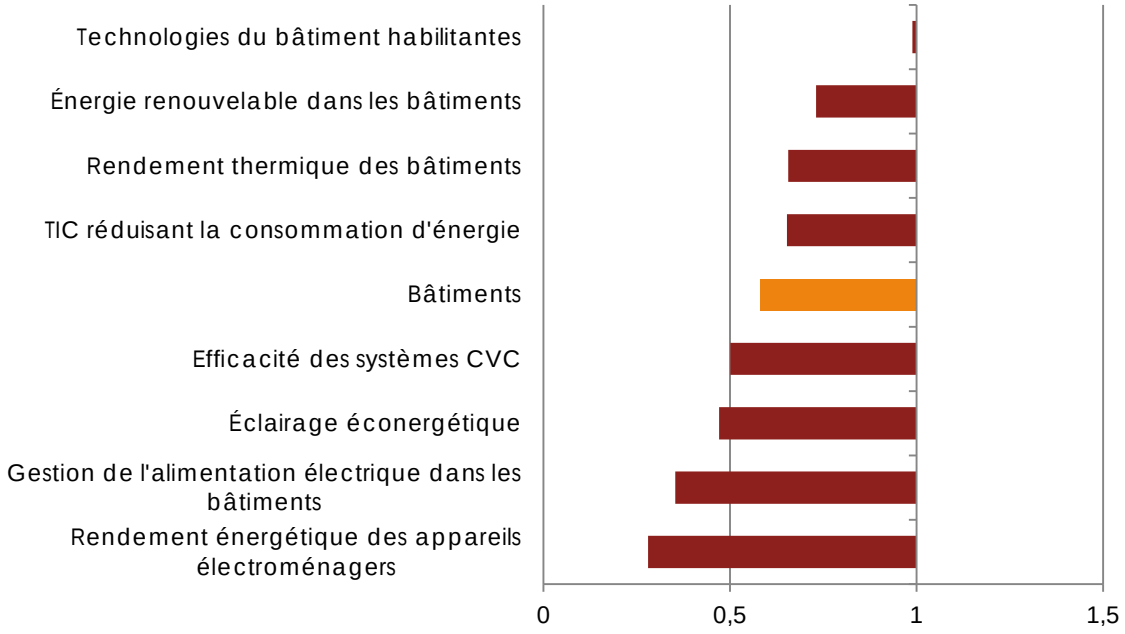
Figure 35 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie des bâtiments

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Rich, David Gerard	BlackBerry Ltée (CA)
Wu Chee-Ming, Jimmy	BlackBerry Ltée (CA)
Ashdown, Ian Edward	Koninklijke Philips N.V. (NL)
Mo-Han, Fong	BlackBerry Ltée (CA)
Veillette, Michel	Trilliant Inc. (US)
Samson, Eric	Intel Corporation (US)
Kholaif, Ahmad Mohammad Mohammad	BlackBerry Ltée (CA)
Islam, Muhammad Khaledul	BlackBerry Ltée (CA)
Orr, Raynond Kenneth	Solantro Semiconductor Corporation (CA)
Zhu, Lizhong	BlackBerry Ltée (CA)
Poirier, Christian	General Electronic (US)
Mankaruse, George Soliman	BlackBerry Ltée (CA)
Boros, Mircea Cristian	Potentia Semiconductor Corporation (CA)
Nguyen, Truong-Khoa	General Electronic (US)
Corrigan, Michael Stephen	BlackBerry Ltée (CA)
Griffin, Jason Tyler	BlackBerry Ltée (CA)
Liu, Yan-Fei	Université Queen's (CA)
Moosavi, Vahid	BlackBerry Ltée (CA)
Sutarwala, Taha Shabbir Husain	BlackBerry Ltée (CA)
Jain, Praveen K.	Sparq Systems Inc. (CA)

Entreprises et institutions

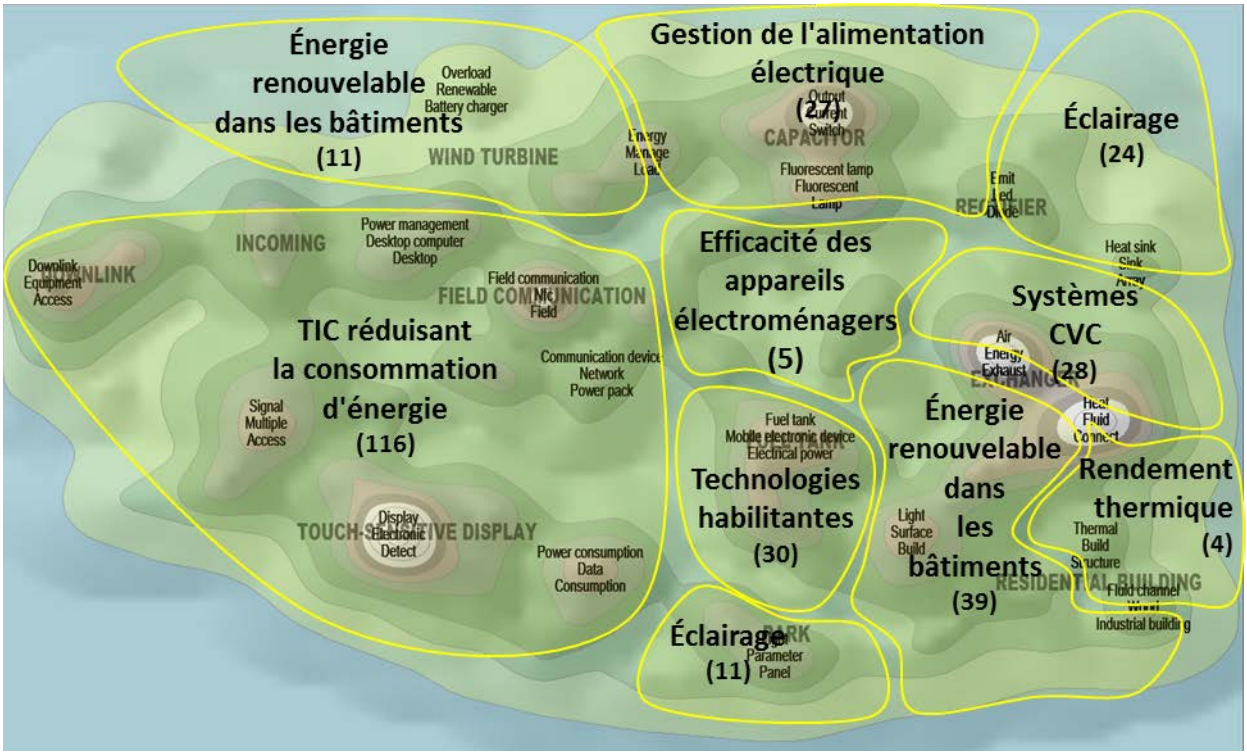
L'indice ATR des entreprises canadiennes dans la catégorie des bâtiments et dans les sous-groupes apparentés est présenté à la figure 36. À l'inverse des chercheurs canadiens, qui ont un indice ATR supérieur à un dans presque tous les sous-groupes, les entreprises canadiennes ont un indice inférieur à un dans tous les sous-groupes, ce qui indique qu'elles ne sont pas spécialisées. Le sous-groupe des technologies du bâtiment habilitantes, dans lequel les chercheurs canadiens sont hautement spécialisés, est le sous-groupe dont l'indice ATR des entreprises s'approche le plus du un, sans toutefois l'atteindre. Ce résultat indique que, même s'il n'existe aucune spécialisation, la part de brevets demandés dans ce secteur technologique est presque égale à la part de brevets demandés dans tous les secteurs technologiques.

Figure 36 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises canadiennes dans la catégorie des bâtiments



La carte panoramique illustrée à la figure 37 représente l'activité de brevetage des entreprises canadiennes. Une part considérable de l'activité de brevetage est liée au sous-groupe des TIC réduisant la consommation d'énergie, un résultat comparable aux résultats présentés sur la carte panoramique mondiale et sur la carte panoramique relative aux chercheurs canadiens. Un sommet enneigé associé à des mots clés tels que « display » [affichage], « electronic » [électronique] et « detect » [détecter] est présent dans la zone où la plupart des brevets ont été déposés par Blackberry. Le sous-groupe des sources d'énergie renouvelable est également un secteur dans lequel les entreprises canadiennes, à l'instar des chercheurs canadiens, sont relativement actives. Des sommets enneigés sont également présents dans le sous-groupe des systèmes CVC et associés à des mots clés tels que « air » [air], « energy » [énergie], « exhaust » [échappement], « heat » [chaleur], « fluid » [fluide] et « connect » [raccorder]. Les brevets entourant ces sommets sont liés à des échangeurs thermiques et à des méthodes et appareils de contrôle de la température.

Figure 37 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des entreprises canadiennes dans la catégorie des bâtiments



Le top 10 des entreprises ou institutions canadiennes qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux bâtiments est présenté à la figure 38. Blackberry, l'entreprise canadienne qui demande le plus de brevets, est associée à plusieurs des principaux chercheurs canadiens, comme il est indiqué à la figure 35. Blackberry se spécialise principalement dans les inventions liées aux TIC réduisant la consommation d'énergie. Les autres principales entreprises canadiennes qui demandent des brevets à l'égard d'inventions liées aux bâtiments comprennent W&E International Canada et ATI Technologies. W&E International Canada détient des brevets à l'égard d'éléments du bâtiment destinés au chauffage et à la climatisation qui fonctionnent à l'énergie solaire et ATI Technologies se spécialise dans les méthodes et appareils de gestion de l'alimentation électrique.

Figure 38 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie des bâtiments

Entreprise ou institution
BlackBerry Ltée (CA)
W&E International Canada Corporation (CA)
ATI Technologies Unlimited Liability Corporation (CA)
Nortel Networks Ltée (CA)
Université Queen's (CA)
Angstrom Power Inc. (CA)
Carmanah Technologies Corporation (CA)
Bombardier Inc. (CA)
Magna International Inc. (CA)
dPoint Technologies Inc. (CA)

Le top 10 des entreprises ou institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux bâtiments à l'échelle mondiale est présenté à la figure 39. Il est intéressant de constater que ces entreprises sont originaires d'un large éventail de pays, dont la plupart sont situés en Asie. Bien qu'aucune entreprise canadienne ne figure parmi les principales entreprises à l'échelle mondiale, un chercheur canadien est associé à Koninklijke Philips, une entreprise de premier plan dans ce secteur de brevets.

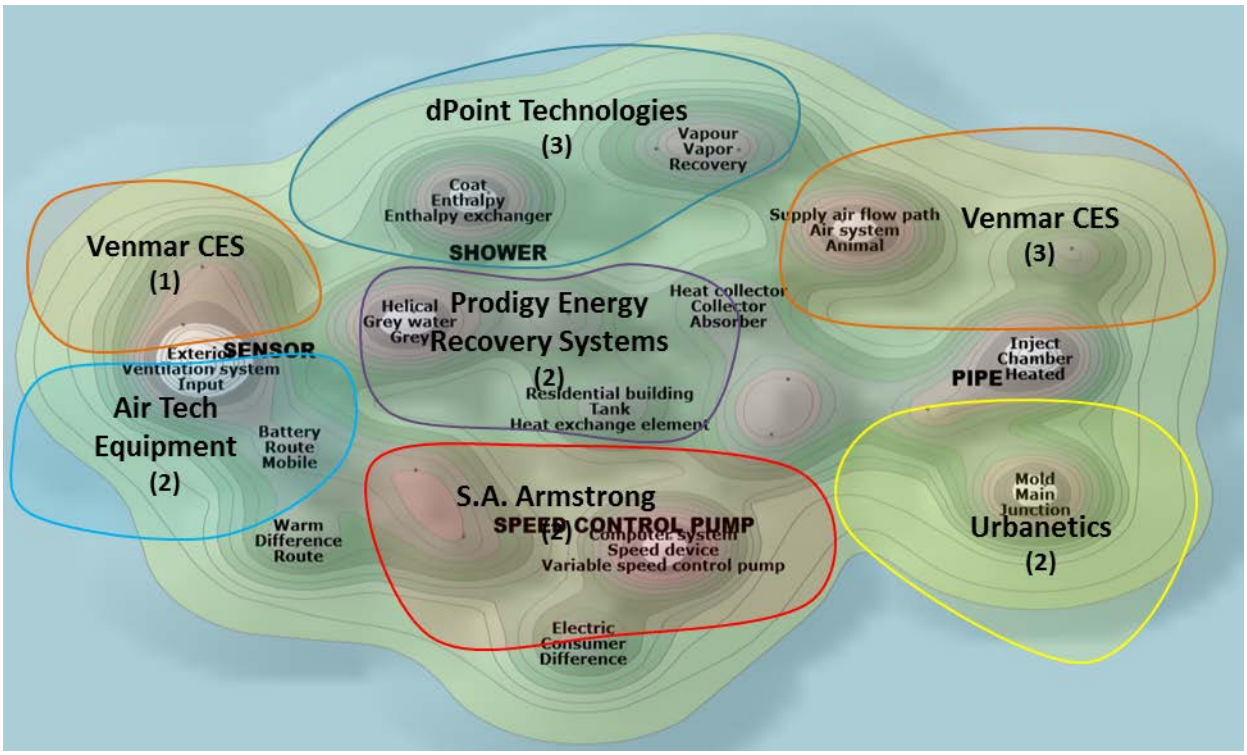
Figure 39 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie des bâtiments à l'échelle mondiale

Entreprise ou institution
Samsung Electronics Ltée (KR)
Panasonic Corporation (JP)
Qualcomm Inc. (US)
LG Electronics Inc. (KR)
Fujitsu Ltée (JP)
Huawei Technology Company Ltée (CN)
Koninklijke Philips N.V. (NL)
Toshiba Corporation (US)
ZTE Corporation (CN)
Hitachi Ltée (JP)

Technologies du bâtiment habilitantes

Dans la section précédente, nous avons vu que les chercheurs canadiens possèdent un niveau de spécialisation relativement élevé dans le sous-groupe des technologies du bâtiment habilitantes. L'indice ATR des entreprises canadiennes est presque égal à un, ce qui signifie que, même s'il n'y a pas de spécialisation, la part de brevets que détient le pays dans ce sous-groupe est presque égale à celle qu'il détient dans tous les domaines. La carte panoramique illustrée à la figure 40 fournit un aperçu de l'activité de brevetage à l'intérieur de ce sous-groupe, qui compte 30 inventions. dPoint Technologies est l'une des principales entreprises à demander des brevets à l'égard d'inventions liées aux technologies du bâtiment habilitantes. Elle compte également parmi les principales entreprises canadiennes qui ont demandé des brevets à l'égard d'inventions liées aux bâtiments dans le domaine des TACC, comme l'indique la figure 38. dPoint Technologies se spécialise dans la mise au point et la fabrication de membranes pour des systèmes de récupération d'enthalpie et est un chef de file sur le marché mondial dans ce domaine. La membrane est la pièce maîtresse des systèmes qui transfèrent à la fois la chaleur et l'humidité, et contribuent ainsi à accroître considérablement tant le confort que l'efficacité énergétique dans les bâtiments.[xxxviii] En 2015, dPoint Technologies a été acquise par Zehnder Group, une entreprise suisse.[xxxix] Venmar CES, qui se spécialise dans la fabrication de ventilateurs à faible consommation d'énergie, est une autre entreprise de premier plan dans ce secteur technologique.[xl] Sa présence à proximité des sommets enneigés associés aux mots clés « air system » [système d'air] et « ventilation system » [système de ventilation] n'a donc rien d'étonnant.

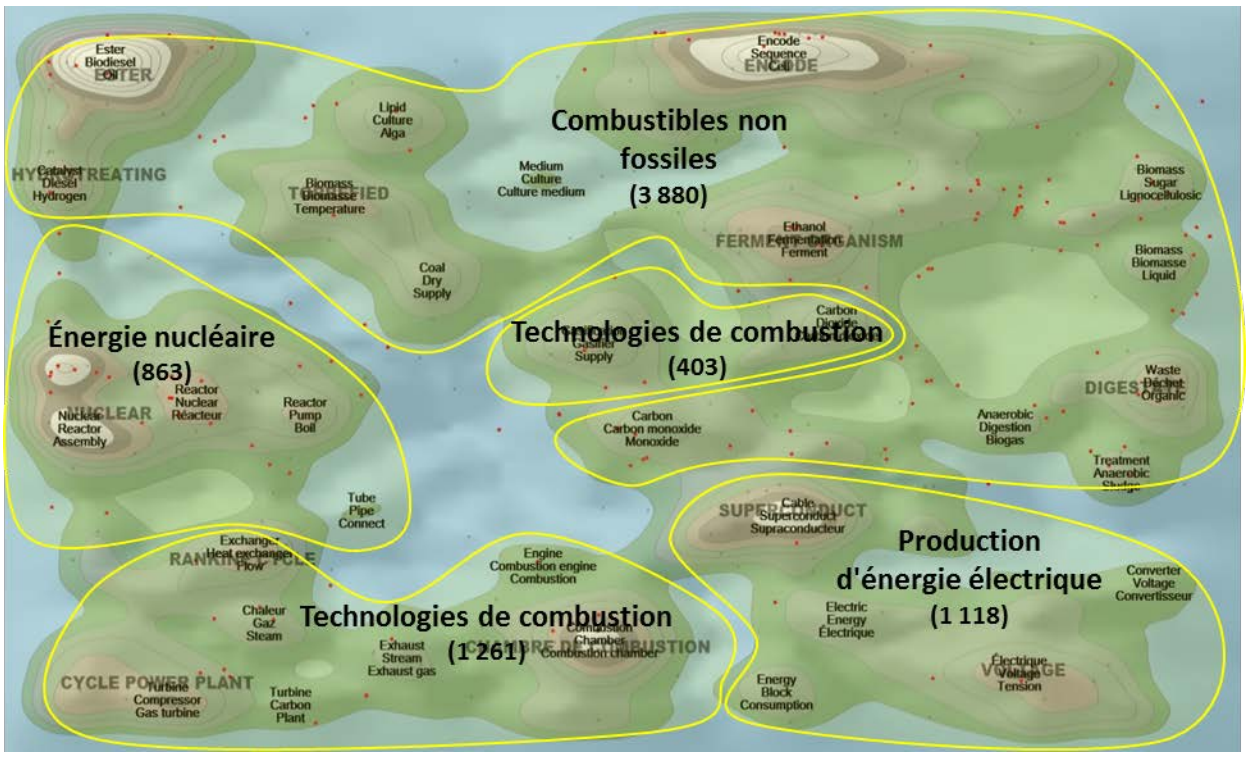
Figure 40 : Carte panoramique des entreprises canadiennes détenant des inventions dans le sous-groupe des technologies du bâtiment habilitantes



ÉNERGIE TRADITIONNELLE

La catégorie de l'énergie traditionnelle englobe les inventions liées à l'utilisation de l'énergie qui est considérée comme une solution de rechange à l'énergie produite à partir des combustibles fossiles responsables des émissions de CO_2 et d'autres gaz à effet de serre. Cette catégorie comprend les sous-groupes des technologies de combustion présentant un potentiel d'atténuation, de l'efficacité de l'alimentation électrique, et des technologies de production de combustibles non fossiles. Ces sous-groupes figurent sur la carte panoramique illustrée à la figure 41, qui montre les activités de brevetage dans la catégorie de l'énergie traditionnelle à l'échelle mondiale. La carte panoramique représente plus de 7 000 inventions. La majeure partie de l'activité a lieu dans le sous-groupe des technologies de production de combustibles d'origine non fossile. Les points rouges, qui représentent les inventions détenues par des entreprises canadiennes, sont répartis dans l'ensemble de la carte, ce qui indique que ces dernières ne sont spécialisées dans aucun secteur technologique spécifique lié à l'énergie traditionnelle. Les sommets enneigés représentent les secteurs dans lesquels une activité de brevetage considérable a lieu. Des sommets sont présents dans tous les sous-groupes. Il est intéressant de constater la présence d'une concentration de points rouges à proximité des sommets des sous-groupes de l'énergie nucléaire et des combustibles non fossiles.

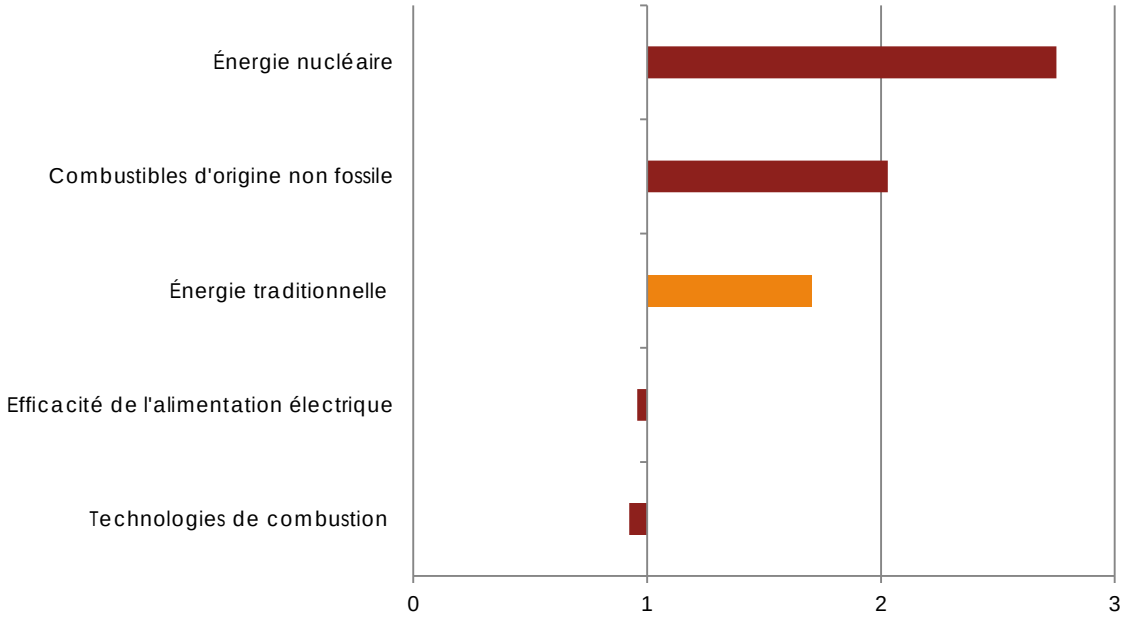
Figure 41 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie de l'énergie traditionnelle à l'échelle mondiale



Chercheurs

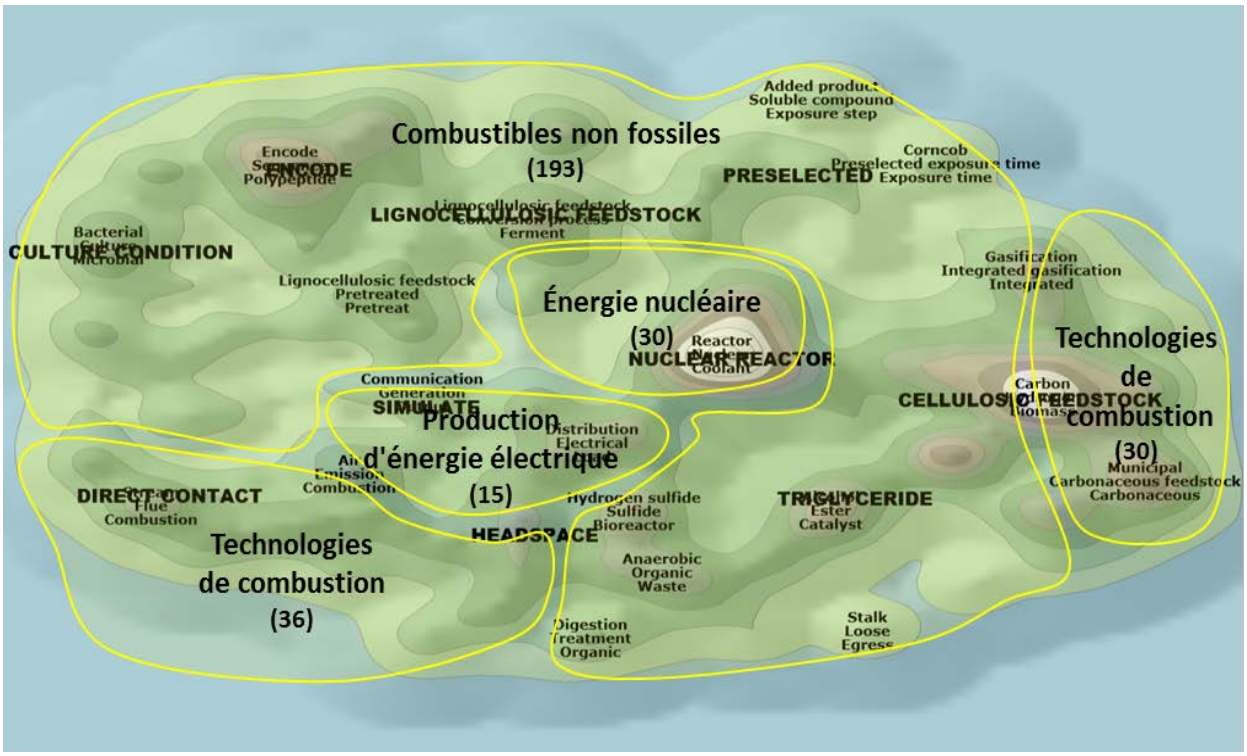
L'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie traditionnelle et dans chacun des sous-groupes apparentés est présenté à la figure 42. Les sous-groupes de l'énergie nucléaire et des combustibles non fossiles sont des secteurs dans lesquels les chercheurs canadiens sont spécialisés. Les sous-groupes de l'efficacité de l'alimentation électrique et des technologies de combustion sont associés à des indices ATR légèrement inférieurs à un, ce qui indique une absence de spécialisation. Dans l'ensemble cependant, les chercheurs canadiens demeurent globalement spécialisés dans la catégorie de l'énergie traditionnelle.

Figure 42 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie traditionnelle



La carte panoramique illustrée à la figure 43 montre l'activité de brevetage des chercheurs canadiens. Comme à la figure 41, la majeure partie de l'activité a lieu dans le sous-groupe des combustibles non fossiles. Le sommet enneigé présent sur le côté droit de la carte comprend les inventions liées aux méthodes de production de biocombustibles et à la réduction de l'intensité des émissions de carbone attribuables aux combustibles. Le sommet enneigé présent dans le sous-groupe de l'énergie nucléaire au centre de la carte est lié à des réacteurs nucléaires, lesquels sont principalement associés au réacteur canadien à deutérium-uranium (CANDU), une invention canadienne qui a donné lieu à une série d'innovations et de brevets au Canada et dans le monde. Une analyse plus détaillée du sous-groupe de l'énergie nucléaire est présentée à la fin de la présente section.

Figure 43 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie traditionnelle



Les principaux chercheurs canadiens et l'entreprise ou institution à laquelle ils sont affiliés d'après les dossiers de brevet correspondants sont présentés à la figure 44. Presque tous les principaux chercheurs sont associés à des entreprises canadiennes. De plus, Mascoma, GreenField Ethanol, Iogen Energy, Plasco Energy Group et Énergie atomique du Canada sont associées à plusieurs des principaux chercheurs. Dans la section portant sur les entreprises, nous verrons que ces entreprises comptent aussi parmi les entreprises canadiennes qui demandent le plus de brevets dans la catégorie de l'énergie traditionnelle.

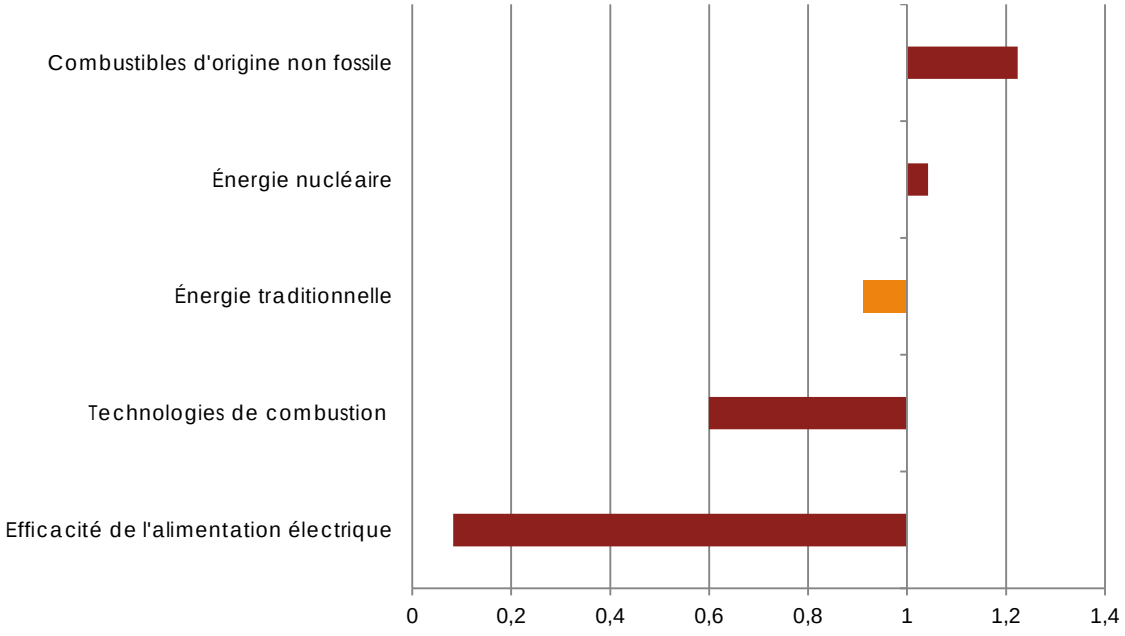
Figure 44 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie de l'énergie traditionnelle

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Burke, Murray J.	Mascoma Canada Inc. (CA)
Benson, Robert Ashley Cooper	GreenField Ethanol Inc. (CA)
Benech, Régis-Olivier	GreenField Ethanol Inc. (CA)
Foody, Brian	Iogen Energy Corporation (CA)
Tolan, Jeffrey S.	Iogen Energy Corporation (CA)
Dottori, Frank A.	GreenField Ethanol Inc. (CA)
Hillier, Sunalie	Mascoma Canada Inc. (CA)
Marceau, Pascale Bonnie	Plasco Energy Group Inc. (CA)
Tsangaris, Andreas	Plasco Energy Group Inc. (CA)
Tomashek, John	Iogen Energy Corporation (CA)
Kuran, Sermet	Énergie atomique du Canada Ltée (CA)
Anand, Vijay Kumar	Iogen Energy Corporation (CA)
Basham, Scott Douglas	Plasco Energy Group Inc. (CA)
Berlin, Alex	Lignol Energy Corporation (CA)
Campbell, Kenneth Craig	Plasco Energy Group Inc. (CA)
Scott, Brian R.	Iogen Energy Corporation (CA)
Rahme, Ziyad	Iogen Energy Corporation (CA)
Maclachlan, John Ross	Lignol Energy Corporation (CA)
Swain, Margaret	Plasco Energy Group Inc. (CA)
Tsangaris, Andreas	Plasco Energy Group Inc. (CA)
Foody, Patrick	Iogen Energy Corporation (CA)
Chornet, Esteban	Enerkem Inc. (CA)
Boubcher, Mustapha	Énergie atomique du Canada Ltée (CA)
Cottrell, Cathy	Énergie atomique du Canada Ltée (CA)
Hill, Christopher	Iogen Energy Corporation (CA)

Entreprises et institutions

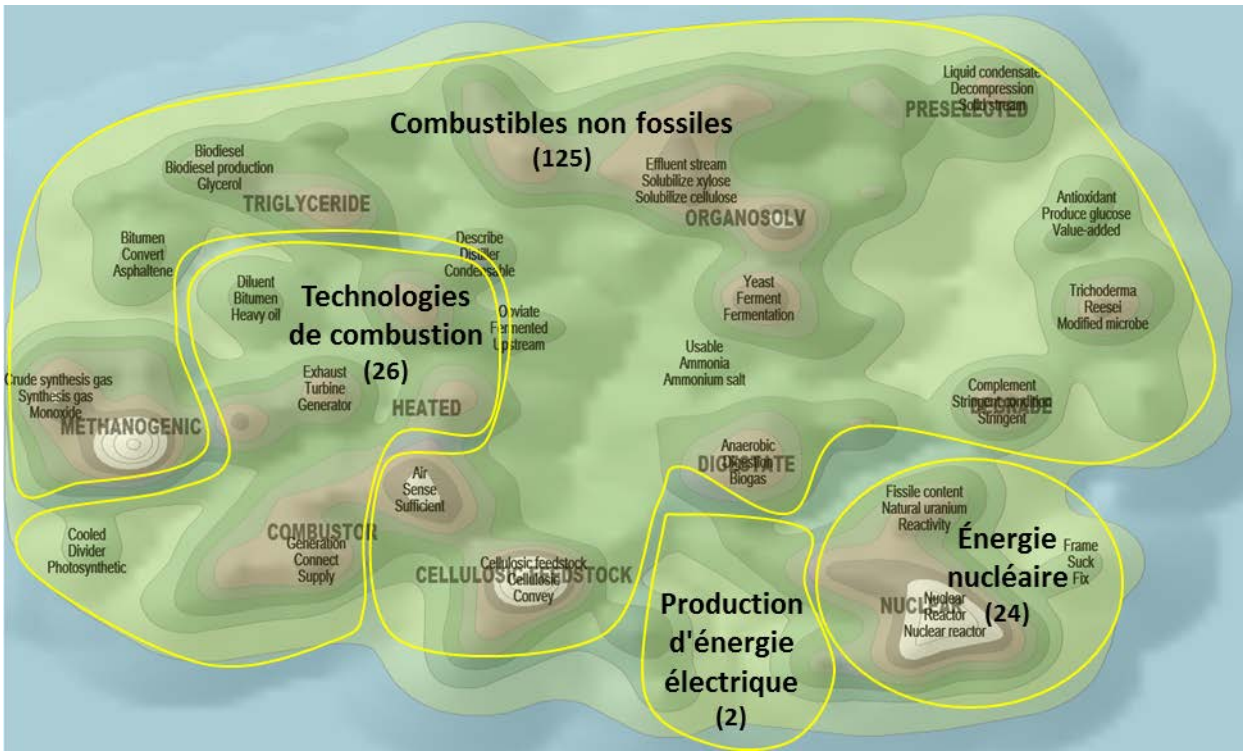
L'indice ATR des entreprises canadiennes dans la catégorie de l'énergie traditionnelle et dans chacun des sous-groupes apparentés est présenté à la figure 45. Comme les chercheurs canadiens, les entreprises canadiennes sont spécialisées dans les secteurs de l'énergie nucléaire et des combustibles non fossiles. Leur indice ATR est également inférieur à un dans les sous-groupes des technologies de combustion et de l'efficacité de l'alimentation électrique. À l'inverse des chercheurs canadiens, les entreprises canadiennes obtiennent un indice global inférieur à un, ce qui indique qu'elles ne sont pas spécialisées dans la catégorie de l'énergie traditionnelle.

Figure 45 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises canadiennes dans la catégorie de l'énergie traditionnelle



La carte panoramique illustrée à la figure 46 représente l'activité de brevetage des entreprises canadiennes. Là encore, la majeure partie de l'activité a lieu dans le sous-groupe des combustibles non fossiles, ce qui rejoint les résultats présentés sur la carte panoramique mondiale et sur la carte panoramique relative aux chercheurs canadiens. Le sommet enneigé présent dans le quadrant inférieur gauche comprend les brevets liés à des procédés de séquestration du dioxyde de carbone et à des méthodes de production de gaz à partir de réservoirs. Une invention de l'Université Western Ontario et du Conseil national de recherches du Canada est située à proximité de ce sommet. Un autre sommet enneigé, lié à des réacteurs nucléaires, est présent dans le sous-groupe de l'énergie nucléaire, comme sur la carte panoramique relative aux chercheurs canadiens illustrée à la figure 43.

Figure 46 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des entreprises canadiennes dans la catégorie de l'énergie traditionnelle



Le top 10 des entreprises ou institutions canadiennes qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées à l'énergie traditionnelle est présenté à la figure 47. Ces dernières sont étroitement associées aux principaux chercheurs canadiens énumérés à la figure 44. Iogen Energy et Greenfield Ethanol sont des exemples d'entreprises qui se spécialisent principalement dans le sous-groupe des combustibles non fossiles de la catégorie de l'énergie traditionnelle, une catégorie dans laquelle le Canada est spécialisé tant du point de vue de ses chercheurs que de ses entreprises. Énergie atomique du Canada est spécialisée dans le sous-groupe de l'énergie nucléaire. La section qui suit fournit davantage de renseignements au sujet de ce sous-groupe.

Figure 47 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie de l'énergie traditionnelle

Entreprise ou institution
Iogen Energy Corporation (CA)
Énergie atomique du Canada Ltée (CA)
GreenField Ethanol Inc. (CA)
SunOpta BioProcess Inc. (CA)
Ministère des Ressources naturelles (CA)
Lignol Innovations Ltée (CA)
Enerkem Inc. (CA)
Mascoma Canada Inc. (CA)
Plasco Energy Group Inc. (CA)

Les entreprises et institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées à l'énergie traditionnelle à l'échelle mondiale sont présentées à la figure 48. La plupart de ces entreprises sont américaines ou japonaises. Les entreprises canadiennes ne font pas partie des principales entreprises de cette catégorie à l'échelle mondiale. De même, aucun des principaux chercheurs canadiens n'est associé aux principales entreprises dans cette catégorie.

Figure 48 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie de l'énergie traditionnelle

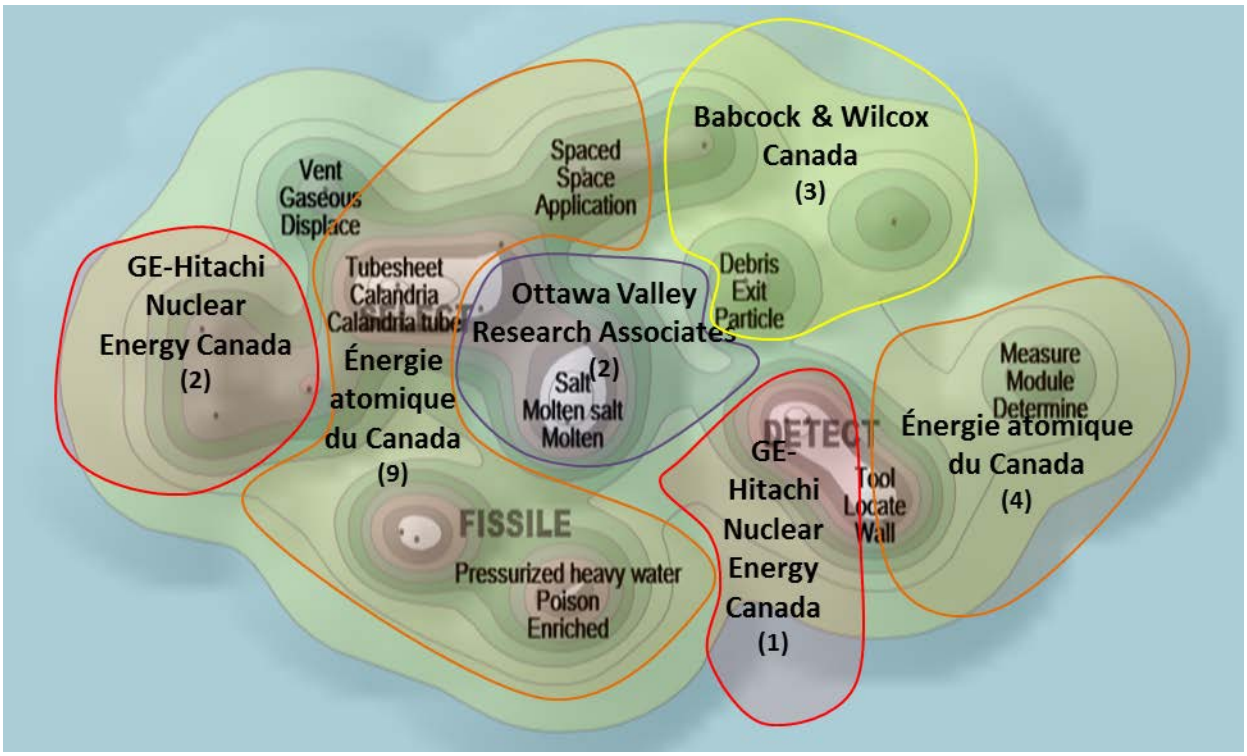
Entreprise ou institution
General Electric Company (US)
Siemens AG (DE)
Mitsubishi Electric Corporation (JP)
Novozymes Inc. (US)
Alstom Technology Ltée (CH)
Toshiba Corporation (US)
Westinghouse Electric Company LLC (US)
Hitachi Ltée (JP)
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (FR)
E. I. du Pont de Nemours and Company (US)

Énergie nucléaire

Dans la section précédente, nous avons vu que le sous-groupe de l'énergie nucléaire est un secteur de spécialisation tant pour les chercheurs canadiens que pour les entreprises canadiennes. De même, nous avons constaté la présence de sommets enneigés liés à des réacteurs nucléaires sur toutes les cartes panoramiques, ce qui indique un niveau d'activité élevé. Ces sommets sont principalement liés au réacteur canadien à deutérium-uranium (CANDU) inventé au Canada. L'invention du CANDU a donné lieu à de nombreuses innovations ultérieures et à de nombreux brevets dans le monde entier, et la technologie initiale a considérablement évolué depuis.[xli] Les 22 réacteurs nucléaires que compte le Canada dans ses cinq centrales sont des réacteurs canadiens à deutérium-uranium(CANDU).[xlii] Selon l'Association nucléaire mondiale, chaque année, les réacteurs nucléaires canadiens contribuent au PIB à hauteur de 6,6 milliards de dollars, et génèrent des recettes de 1,5 milliard pour le gouvernement et des exportations de 1,2 milliard de dollars.[xliii] Dans ce contexte, les brevets liés à l'énergie nucléaire qui sont représentés sur les cartes panoramiques sont d'une grande valeur malgré le fait qu'ils ne représentent qu'un faible pourcentage des brevets dans la catégorie de l'énergie traditionnelle. Comme l'indique la figure 49, Énergie atomique du Canada compte parmi les entreprises canadiennes dont l'activité de brevetage est la plus forte. Cela n'a rien d'étonnant sachant que le réacteur CANDU a été mis au point par la société d'État, en collaboration avec d'autres entreprises canadiennes.[xliv] Énergie atomique du Canada a été privatisée et acquise par une autre entreprise canadienne, SNC-Lavalin. Les droits de propriété intellectuelle sont toutefois demeurés la propriété du gouvernement.[xlv]

La carte panoramique qui représente les inventions canadiennes dans le sous-groupe de l'énergie nucléaire montre qu'Énergie atomique du Canada est l'un des principaux acteurs dans ce secteur. Tel que mentionné, la société d'État a été privatisée et acquise par une entreprise canadienne. L'entreprise GE-Hitachi Nuclear Energy Canada, un autre joueur important, a été acquise par BWX Canada, une filiale canadienne de BWX Technologies Inc., une entreprise américaine. Babcock & Wilcox Canada, qui compte également parmi les principaux acteurs, est une filiale de Babcock & Wilcox Company, qui est également une entreprise américaine. Enfin, Ottawa Valley Research Associates est une entreprise canadienne qui a été fondée par un chercheur canadien. Elle se spécialise dans les technologies de réacteurs à sels fondus.[xlvi]

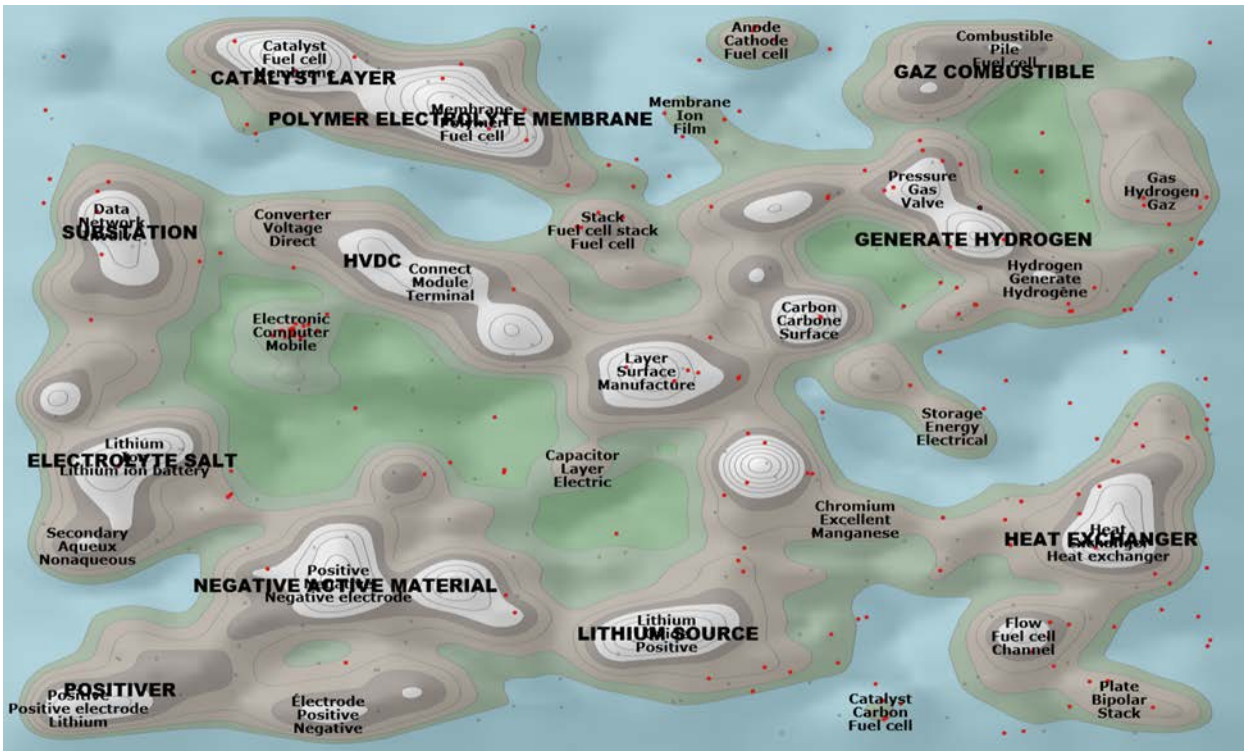
Figure 49 : Carte panoramique des entreprises canadiennes détenant des inventions dans le sous-groupe de l'énergie nucléaire



CATALYSEURS D'ÉNERGIE PROPRE

Les catalyseurs d'énergie propres comprennent les technologies liées à des systèmes de conversion ou de gestion de l'énergie qui sont également conçus pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les batteries sont un exemple de technologie qui entre dans cette catégorie, car elles sont considérées comme une solution de rechange à l'utilisation d'autres sources d'énergie plus polluantes. La figure 50 est une carte panoramique des brevets octroyés dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre à l'échelle mondiale; elle représente plus de 17 000 inventions. De multiples sommets enneigés illustrant le niveau d'activité sont présents sur cette carte. La péninsule présente dans le quadrant supérieur gauche est liée aux piles à combustible. Les piles à combustible s'apparentent aux batteries; elles fournissent de l'énergie, mais ont l'avantage d'être écologiques, car elles ne produisent pas de polluants atmosphériques.[xlvii] Les inventions d'entreprises telles que Samsung Electronics, LG Chemicals et GM Global Technology sont situées à proximité de ce sommet. L'imposant sommet présent dans le quadrant inférieur droit de la carte est lié à des systèmes de stockage de l'énergie solaire destinée au chauffage, des régulateurs de chaleur solaire et des méthodes de transfert thermique pour ne nommer que quelques inventions. Plusieurs autres sommets enneigés sont liés à différents types de batteries et à leurs composantes. Les points rouges, qui représentent des inventions d'entreprises canadiennes, sont répartis dans l'ensemble de la carte. Les Canadiens sont particulièrement actifs à l'égard de technologies associées à des mots clés tels que « electronic » [électronique], « computer » [ordinateur] et « mobile » [mobile]; un secteur qui n'est pas représenté par un sommet enneigé sur la carte. Cela pourrait indiquer que les Canadiens déposent un nombre considérable de demandes de brevet dans un secteur où la concurrence n'est pas aussi forte.

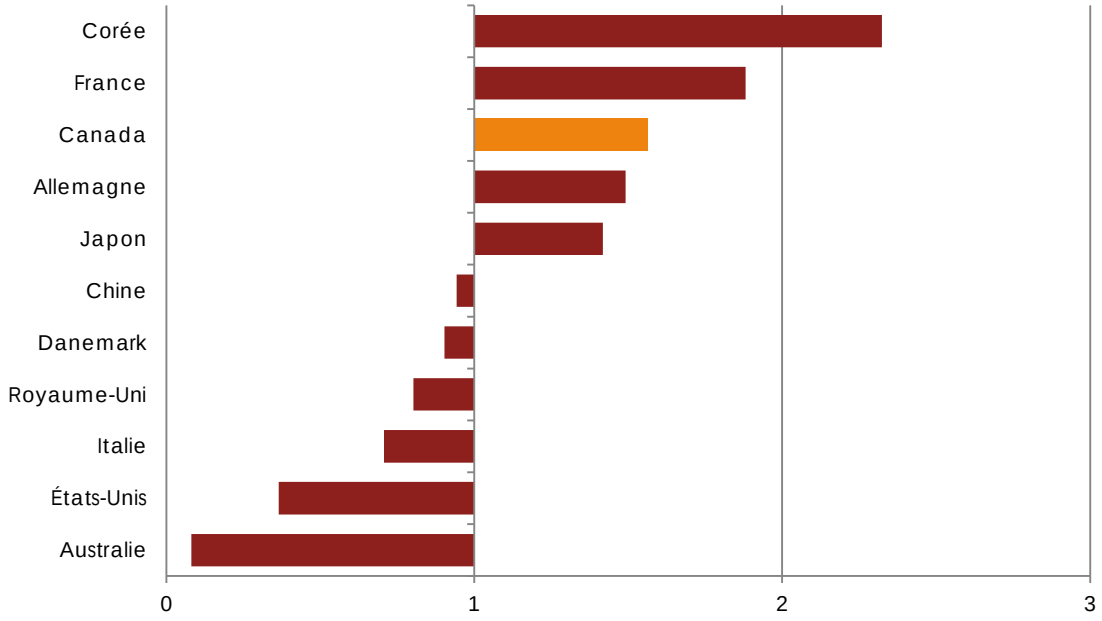
Figure 50 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre à l'échelle mondiale



Chercheurs

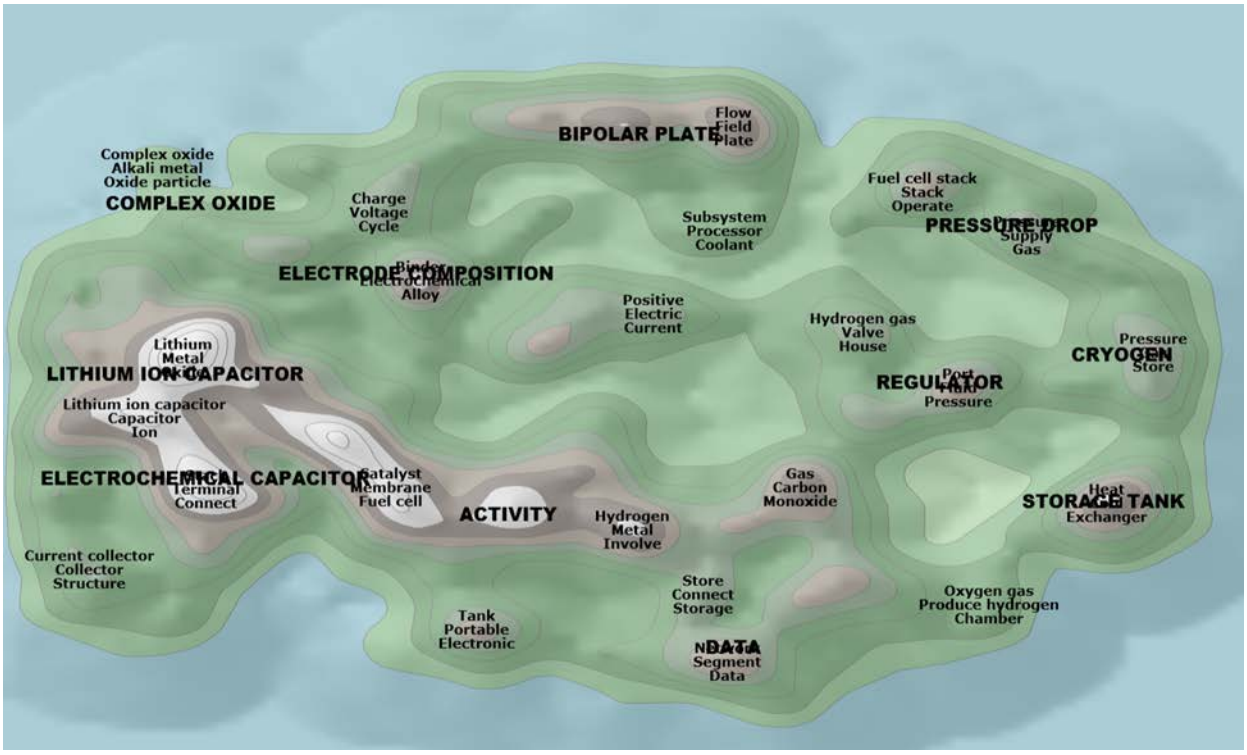
La figure 51 compare l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre avec celui de chercheurs des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. Les chercheurs canadiens ont un indice ATR supérieur à un, ce qui indique l'existence d'une spécialisation. Parmi les pays sélectionnés, le Canada se classe au troisième rang derrière la Corée et la France.

Figure 51 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des chercheurs dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre



La carte panoramique illustrée à la figure 52 représente les secteurs dans lesquels les chercheurs canadiens sont actifs dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre. Un sommet enneigé est présent dans la partie gauche centrale de la carte et associé à des mots clés tels que « lithium » [lithium], « metal » [métal], « oxide » [oxyde], « lithium ion capacitor » [condensateur lithium-ion], « stack » [empilement], « terminal » [terminal] et « connect » [raccorder]. Les inventions sont principalement liées aux constituants chimiques de différents types de batteries destinées à des usages tels que l'accroissement de la durée de vie ou l'accumulation d'énergie optimisée.

Figure 52 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre



Les chercheurs canadiens détenant le plus grand nombre d'inventions dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre et l'entreprise à laquelle ils sont associés sont présentés à la figure 53. La majorité des entreprises auxquelles les chercheurs sont associés sont canadiennes ou européennes. Fait intéressant, le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique du Canada a annoncé le versement d'une contribution financière non remboursable de 10 millions de dollars à Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (AFCC), une coentreprise établie à Burnaby dans laquelle Daimler AG et Ford Motor Company détiennent des parts. Dans le cadre de cette coentreprise, les sociétés s'emploient à mettre au point de nouveaux modules de piles à combustible pour l'industrie automobile.[xlviii] Il est intéressant de constater que plusieurs des principaux chercheurs canadiens sont associés à Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (AFCC). Société BIC, BlackBerry, Hydro-Québec et Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation sont d'autres entreprises auxquelles sont associés plusieurs des principaux chercheurs dans cette catégorie.

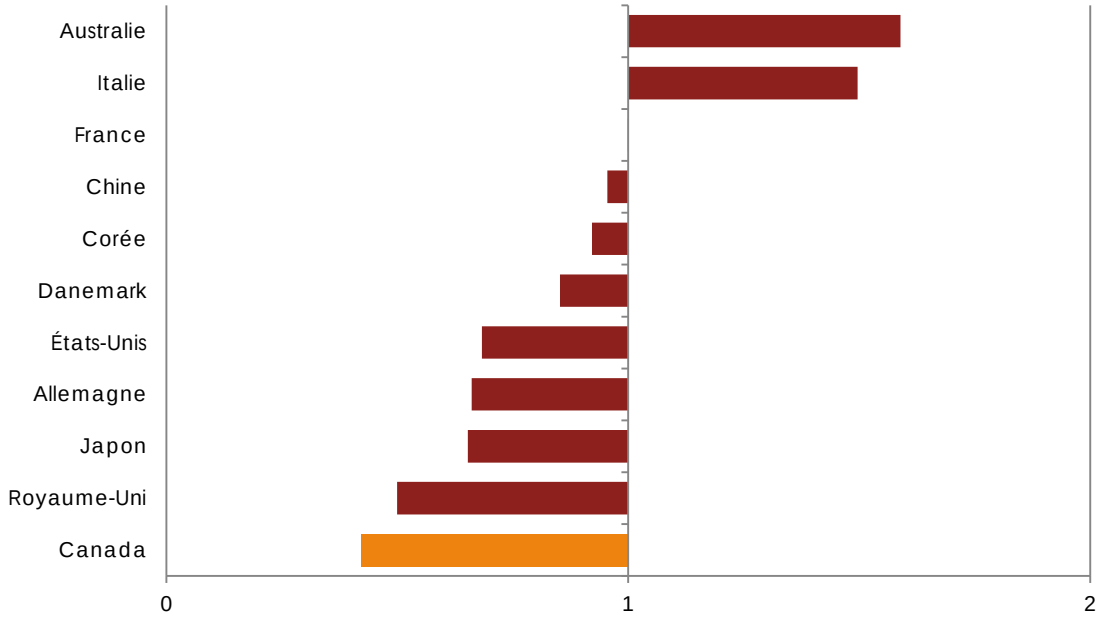
Figure 53 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Zaghib, Karim	Hydro-Québec (CA)
Rich, David Gerard	BlackBerry Ltée (CA)
Rich, David Gerard	BlackBerry Ltée (CA)
Guerfi, Abdelbast	Hydro-Québec (CA)
Gauthier, Michel	Hydro-Québec (CA)
Sutarwala, Taha Shabbir Husain	BlackBerry Ltée (CA)
McLean, Gerard F	Société BIC (FR)
Schrooten, Jeremy	Société BIC (FR)
Barton, Russell	Intelligent Energy Ltée (UK)
Michot, Christophe	Hydro-Québec (CA)
Zimmermann, Joerg	Société BIC (FR)
Wu Chee-Ming, Jimmy	BlackBerry Ltée (CA)
Chen, Pu	Université de Waterloo (CA)
Haas, Herwig	Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (CA)
Farrington, Simon	Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (CA)
Fellows, Richard	Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (CA)
Procter, Michael	Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (CA)
Ravet, Nathalie	Phostech Lithium Inc. (CA)
Kremliakova, Natalia	Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (CA)
Liang, Guoxian	Clariant Canada Inc. (CA)
Vallee, Alain	Bathium Canada Inc. (CA)
Dahn, Jeffrey	Université Dalhousie (CA)
McDermid, Scott	Automotive Fuel Cell Cooperation Corporation (CA)
Sobejko, Paul	Société BIC (FR)
LEV, FRANK	Applied Intellectual Capital (UK)
Wilkinson, David	Université de la Colombie-Britannique (CA)
Charest, Patrick	Hydro-Québec (CA)

Entreprises et institutions

La figure 54 compare l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises canadiennes dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre avec celui d'entreprises des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. Les entreprises canadiennes ont un indice ATR inférieur à un, ce qui indique une absence de spécialisation. Le Canada occupe en outre le dernier rang parmi les pays sélectionnés. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par les chercheurs canadiens, qui sont hautement spécialisés par rapport à ceux des autres pays, comme l'indique la figure 51.

Figure 54 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des entreprises dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre



Les entreprises ou institutions canadiennes qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux catalyseurs d'énergie propre sont présentées à la figure 55. Il est intéressant de constater que les entités dont l'activité de brevetage est la plus forte dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre comprennent à la fois des entreprises canadiennes, des entités gouvernementales et des universités. Blackberry, Hydro-Québec et l'Université de la Colombie-Britannique sont également associées à plusieurs des principaux chercheurs canadiens, comme il est indiqué à la figure 53.

Figure 55 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre

Entreprise ou institution
BlackBerry Ltée (CA)
Angstrom Power Inc. (CA)
Ballard Power Systems Inc. (CA)
Conseil national de recherches du Canada (CA)
BDF IP Holdings Ltée (CA)
Hydro-Québec (CA)
Université de l'Alberta (CA)
Université de la Colombie-Britannique (CA)
Dana Canada Corporation (CA)
Phostech Lithium Inc. (CA)
Université Laval (CA)

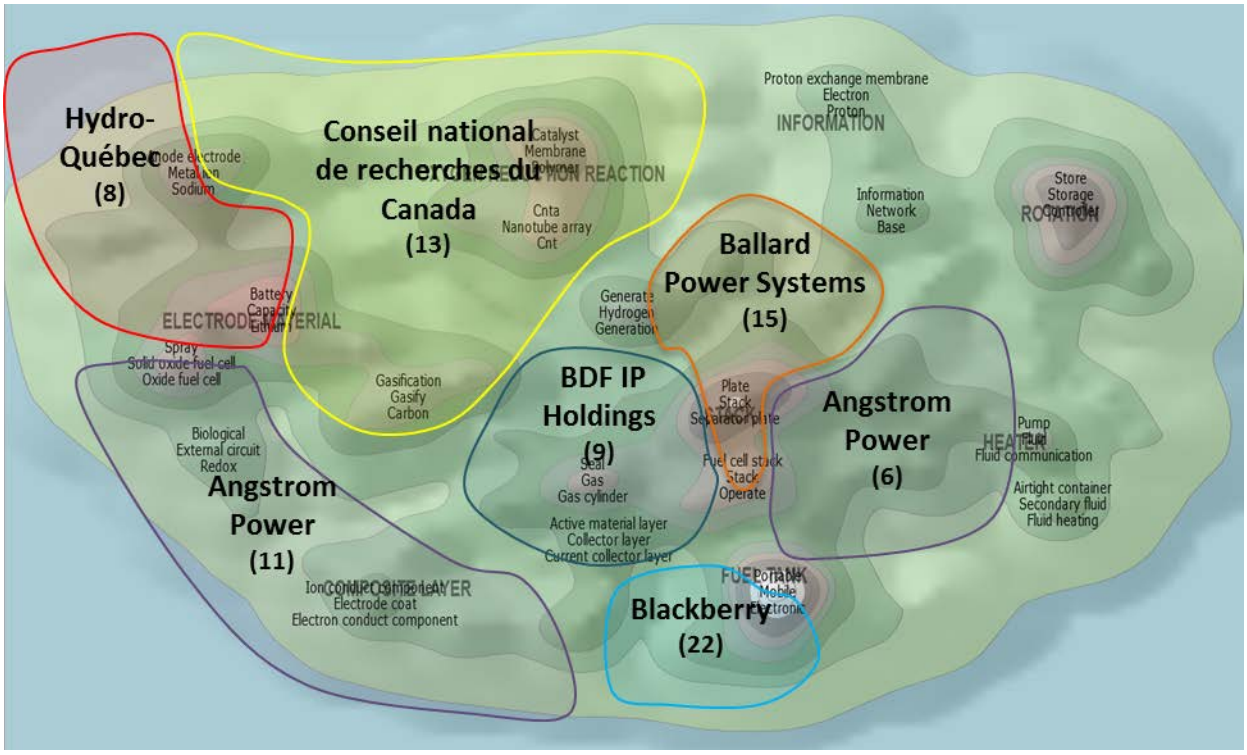
Les entreprises ou institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux catalyseurs d'énergie propre à l'échelle mondiale sont énumérées à la figure 56. Ces entreprises sont originaires du Japon, de la Corée, des États-Unis et de la France.

Figure 56 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre

Entreprise ou institution
Samsung Electronics Ltée (KR)
Panasonic Corporation (JP)
GM Global Technology Operations Inc. (US)
Sanyo Electronic Company Ltée (JP)
Honda Motors Company Ltée (JP)
Sumitomo Corporation (JP)
Nissan Motor Company Ltée (JP)
Hitachi Ltée (JP)
LG Electronics Inc. (KR)
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (FR)

La carte panoramique des entreprises canadiennes illustrée à la figure 57 présente quelques-unes des entreprises et institutions canadiennes qui détiennent le plus de brevets dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre. Bon nombre des inventions situées à proximité du sommet enneigé associé aux mots clés « portable » [portatif], « mobile » [mobile] et « electronic » [électronique] sont détenues par Blackberry. Plusieurs des inventions de l'entreprise qui se trouvent à proximité de ce sommet sont liées à l'utilisation de piles à combustible dans des appareils mobiles et à des systèmes de batteries hybrides destinés aux appareils électroniques portatifs. Ballard Power Systems et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) sont également actifs dans le secteur des piles à combustible. Bien qu'Hydro-Québec concentre principalement ses activités dans le domaine de l'hydroélectricité, la société d'État est également active dans le domaine des batteries rechargeables pour véhicules électriques.[xlix] Selon l'Association canadienne de l'hydrogène et des piles à combustible (ACHPC), du fait de la demande internationale accrue pour l'hydrogène et les piles à combustible, ce secteur canadien est passé du stade de la recherche et du développement à celui de la commercialisation. L'ACHPC a également indiqué que 90 % des technologies liées à l'hydrogène et aux piles à combustible sont exportées, ce qui signifie que ce secteur technologique constitué de petites et moyennes entreprises et d'organismes de recherche, qui emploie environ 2 000 Canadiens, est prometteur pour le Canada.[l]

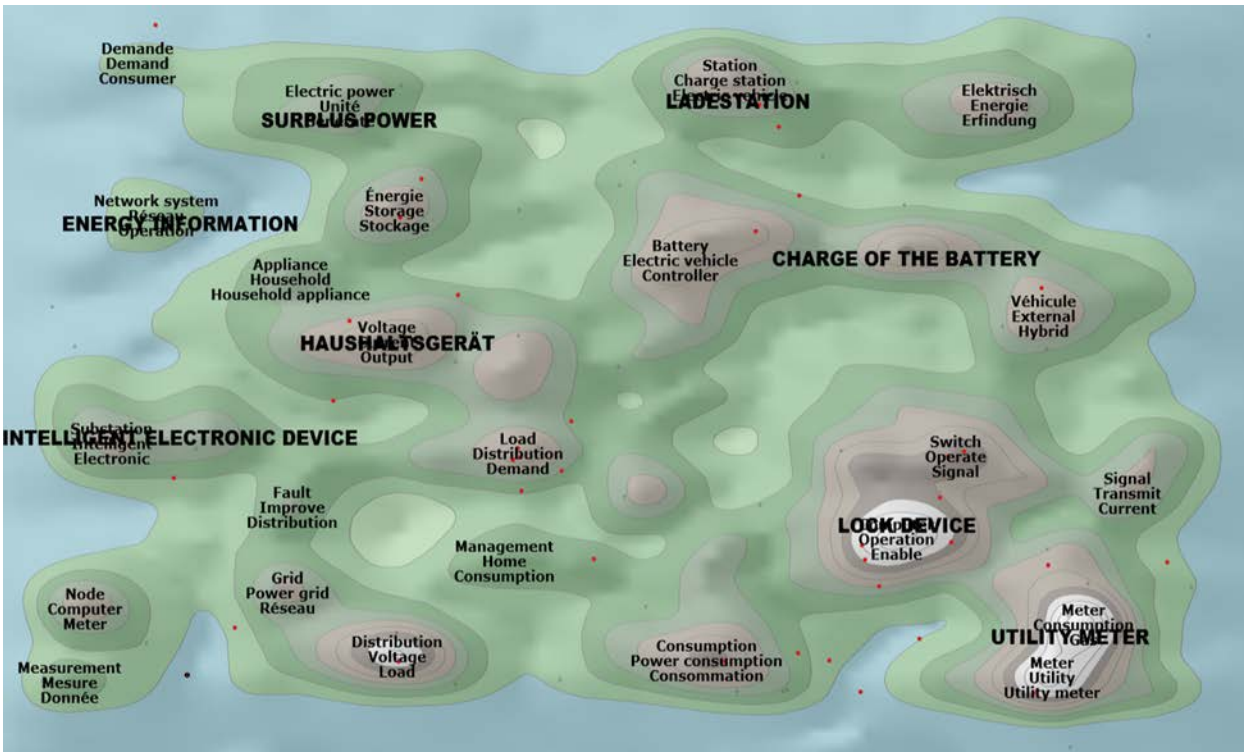
Figure 57 : Carte panoramique des entreprises canadiennes détenant des inventions dans la catégorie des catalyseurs d'énergie propre



RÉSEAUX INTELLIGENTS

La catégorie des réseaux intelligents concerne l'amélioration des technologies liées aux réseaux d'approvisionnement en électricité, à l'aide de technologies de communication numériques. L'utilisation de technologies de communication pour optimiser la consommation d'électricité permet aux consommateurs de contrôler plus efficacement leur consommation d'énergie, ce qui a pour effet de réduire la probabilité de pannes de courant.[li] Cette catégorie de TACC est relativement nouvelle et comparativement à des catégories telles que les transports et les bâtiments, le niveau d'activité de brevetage observé dans la catégorie des réseaux intelligents est plus faible. La figure 58 est une carte panoramique des brevets dans la catégorie des réseaux intelligents à l'échelle mondiale; elle représente plus de 3 000 inventions. Les points rouges, qui représentent les inventions détenues par des entreprises canadiennes, sont répartis dans l'ensemble de la carte, ce qui indique que ces dernières ne sont spécialisées dans aucun secteur technologique spécifique lié aux réseaux intelligents. Deux sommets enneigés sont présents dans le quadrant inférieur droit de la carte panoramique. Le premier est associé à des mots clés tels que « computer » [ordinateur], « operation » [fonctionnement] et « enable » [habiliter] et comprend des inventions liées à des méthodes de transfert de données permettant de contrôler les services d'approvisionnement en énergie et à des systèmes de collecte de données pour des réseaux sans fil, entre autres. Le deuxième sommet présent dans le quadrant inférieur droit de la carte est associé à des mots clés tels que « meter » [compteur], « consumption » [consommation] et « gas » [gaz] et regroupe des inventions liées à des méthodes et appareils se rapportant à des technologies telles que des compteurs de consommation, des compteurs intelligents qui permettent d'adapter l'alimentation à la demande et des dispositifs de mesure. Un autre sommet enneigé est rattaché à ce deuxième sommet et associé à des mots clés similaires tels que « compteur », « utility » [service public] et « utility meter » [compteur de service public]. Un autre sommet est présent dans le quadrant inférieur gauche de la carte et associé à des mots clés tels que « distribution » [distribution], « voltage » [tension] et « load » [charge]. Les inventions dans ce regroupement sont liées à la surveillance et au contrôle de systèmes de distribution d'énergie, et au réglage de la tension à l'intérieur de système de distribution, entre autres.

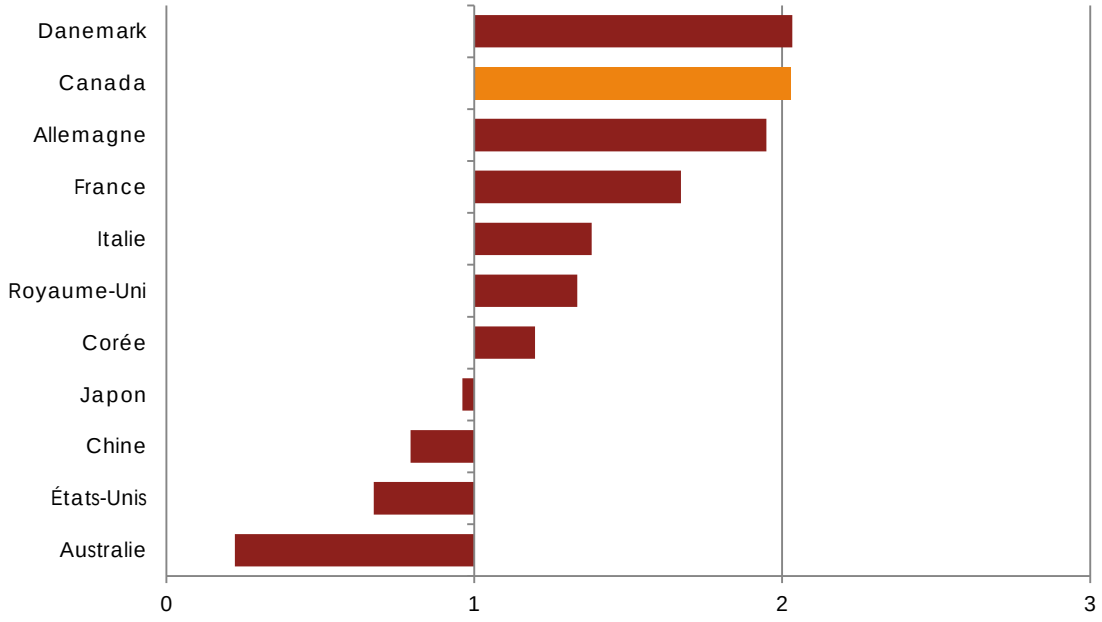
Figure 58 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie des réseaux intelligents à l'échelle mondiale



Chercheurs

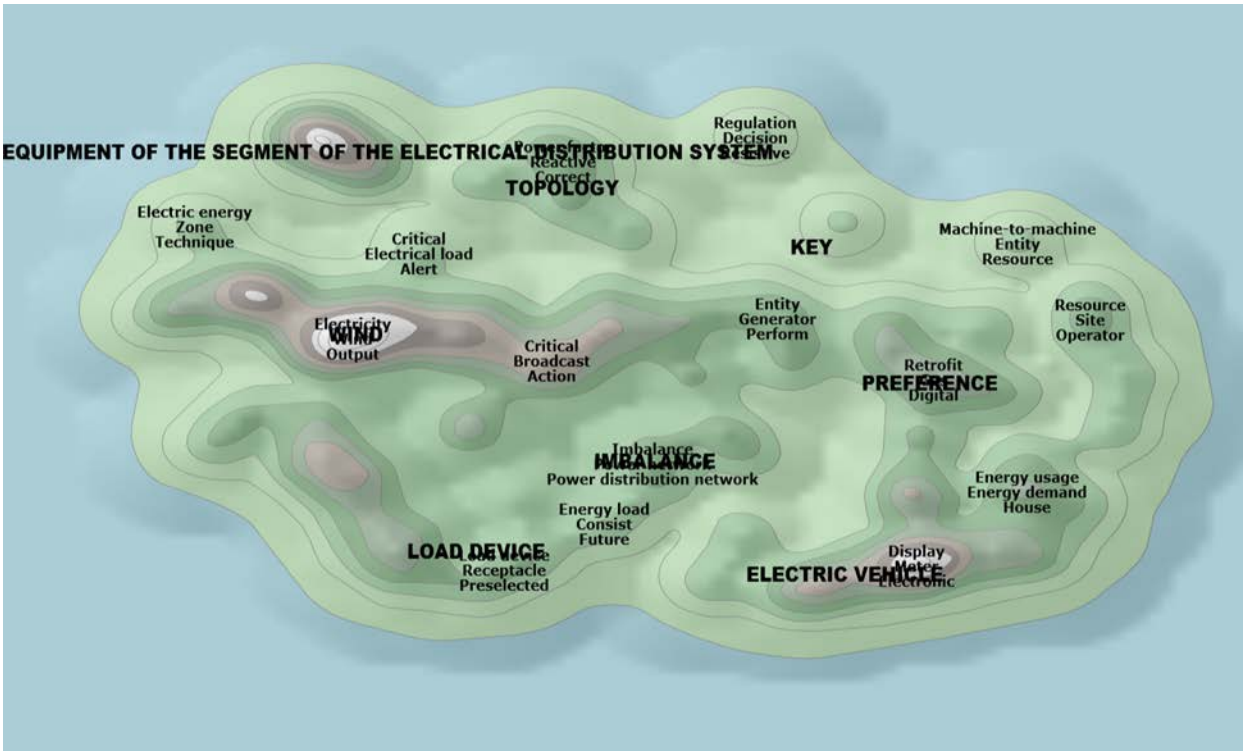
Les chercheurs canadiens ont contribué à l'avancement de cette catégorie relativement nouvelle. La figure 59 compare l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie des réseaux intelligents avec celui de chercheurs des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. Les chercheurs canadiens ont un indice ATR supérieur à un, ce qui indique l'existence d'une spécialisation. Ils se classent également au deuxième rang parmi les pays sélectionnés.

Figure 59 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des chercheurs dans la catégorie des réseaux intelligents



La carte panoramique illustrée à la figure 60 représente les secteurs dans lesquels les chercheurs canadiens sont actifs dans la catégorie des réseaux intelligents. Un sommet enneigé est présent dans la partie centrale gauche de la carte et associé à des mots clés tels que « electricity » [électricté], « wind » [vent] et « output » [puissance de sortie]. Les inventions dans ce secteur sont associées à des dispositifs et des systèmes de réduction de la consommation d'énergie électrique pour la surveillance de luminaires, de systèmes de sécurité et de parcomètres à alimentation autonome. Un autre sommet, situé dans le coin inférieur droit de la carte et associé à des mots clés tels que « display » [affichage], « meter » [compteur] et « electronic » [électronique], regroupe des inventions liées à des méthodes et des systèmes de surveillance et de gestion de la consommation d'énergie.

Figure 60 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie des réseaux intelligents



Les entreprises canadiennes qui sont associées à des chercheurs canadiens liés à plus d'une invention dans la catégorie des réseaux intelligents sont présentées à la figure 61. La plupart de ces entreprises sont américaines; quelques-unes sont canadiennes. Schneider Electric USA et 2D2C, par exemple, sont associées à plusieurs chercheurs canadiens. Nous verrons dans la prochaine section que bon nombre de ces entreprises canadiennes, qui sont associées à plusieurs des principaux chercheurs canadiens, comptent également parmi les principales entreprises canadiennes dans cette catégorie.

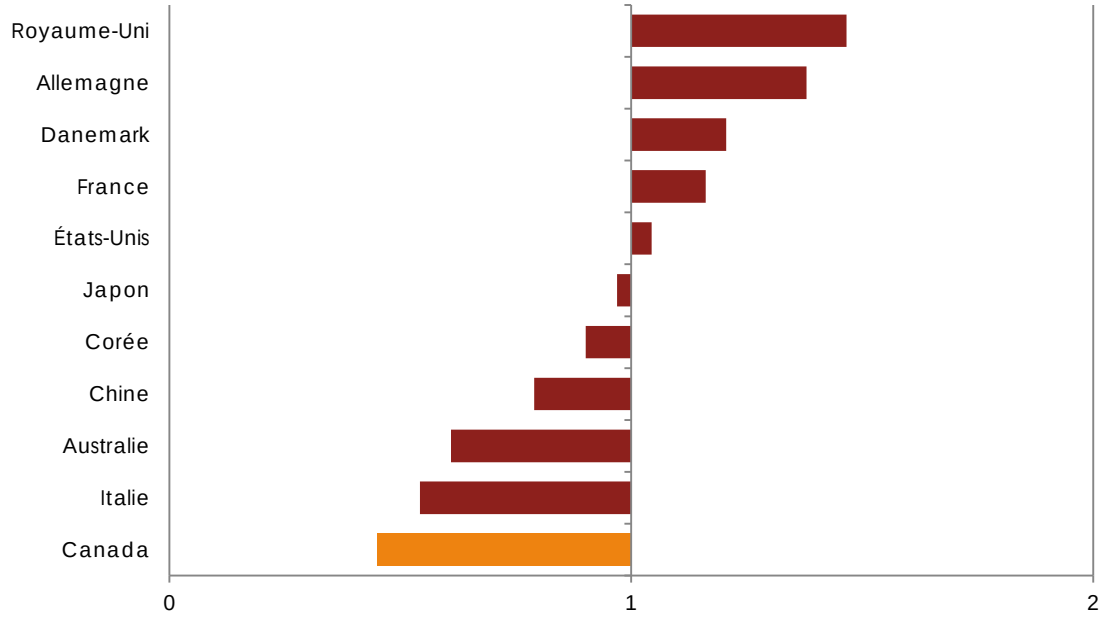
Figure 61 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie des réseaux intelligents

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Veillette, Michel	Trilliant Networks Inc. (US)
Du Toit, Willem Hendrik	General Electric Company (US)
Klimek, Andrzej	Alstom (FR)
Hancock, Martin	Schneider Electric USA Inc. (US)
Hirschbold, Markus	Schneider Electric USA Inc. (US)
McSheffrey, William	Sine Slice Inc. (CA)
Tremblay, Louis	AddÉnergie Technologies Inc. (CA)
Metcalfe, Malcolm Stuart	Enbala Power Networks Inc. (CA)
Jones, Nicolas	2D2C Inc. (US)
Montgomery, Steven	2D2C Inc. (US)
Kasztenny, Bogdan	General Electric Company (US)

Entreprises et institutions

La figure 62 compare l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des entreprises canadiennes dans la catégorie des réseaux intelligents avec celui d'entreprises des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. Les entreprises canadiennes ont un indice ATR inférieur à un, ce qui indique une absence de spécialisation. Le Canada occupe le dernier rang parmi les pays sélectionnés. Ces résultats sont contraires à ceux présentés à la figure 59, qui montrent que le Canada est hautement spécialisé par rapport aux autres pays.

Figure 62 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des entreprises dans la catégorie des réseaux intelligents



Les entreprises et institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées aux réseaux intelligents à l'échelle mondiale sont présentées à la figure 63. Bon nombre sont des entreprises bien connues des secteurs de l'électronique ou de l'automobile. Plus de la moitié de ces entreprises sont originaires d'Asie, principalement du Japon. Aucune entreprise canadienne ne figure dans cette liste, mais deux des principaux chercheurs canadiens sont associés à General Electric, une des principales entreprises à détenir des inventions liées aux réseaux intelligents.

Figure 63 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie des réseaux intelligents à l'échelle mondiale

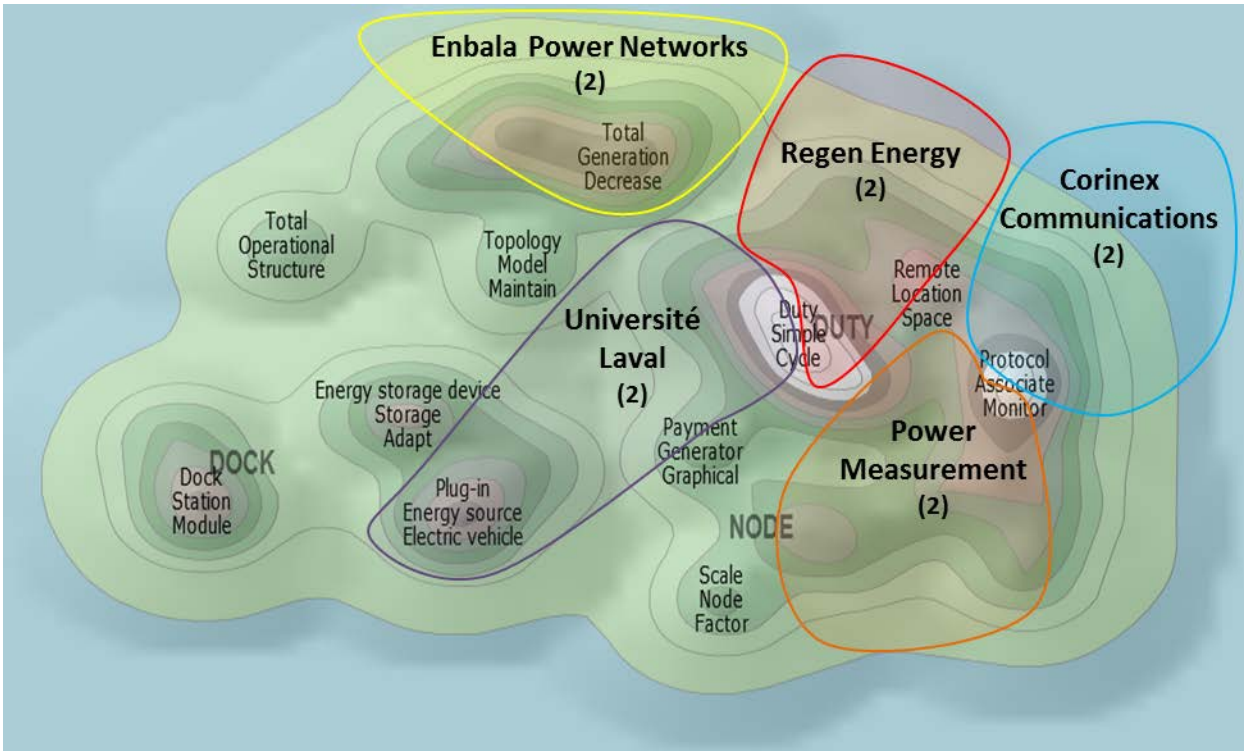
Entreprise ou institution
Siemens AG (DE)
General Electric Company (US)
Panasonic Corporation (JP)
Toyota Motor Corporation (JP)
Hitachi Ltée (JP)
ABB Technology AG (CH)
LG Electronics Inc. (KR)
Toshiba Corporation (US)
Sony Corporation (JP)
Robert Bosch GmbH (DE)

Les principales entreprises ou institutions canadiennes qui détiennent des inventions liées aux réseaux intelligents sont énumérées à la figure 64. Ces entreprises sont présentes sur la carte panoramique illustrée à la figure 65. Enbala Power Networks est une plateforme de réseau intelligent qui permet aux partenaires industriels, commerciaux et municipaux d'être récompensés financièrement pour la flexibilité de leur équipement électrique.[lii] Power Measurement Ltée, qui se spécialise dans les technologies de gestion et de conservation de l'énergie, a été acquise par Schneider Electric, une entreprise française.[liii] Elle avait auparavant reçu un financement de 1,7 million de dollars de Technologies du développement durable du Canada (TDDC).[liv] Regen Energy, qui s'appelle maintenant Encycle, est spécialisée dans les systèmes sans fil pour la gestion de la demande en énergie électrique, la réponse à la demande et la programmation de charge.[lv] Corinex Communications, quant à elle, est spécialisée dans les technologies à large bande sur ligne électrique.[lvi]

Figure 64 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie des réseaux intelligents

Entreprise ou institution
Université Laval (CA)
Corinex Communications Corporation (CA)
Enbala Power Networks Inc. (CA)
Power Measurement Ltée (CA)
Regen Energy Inc. (CA)

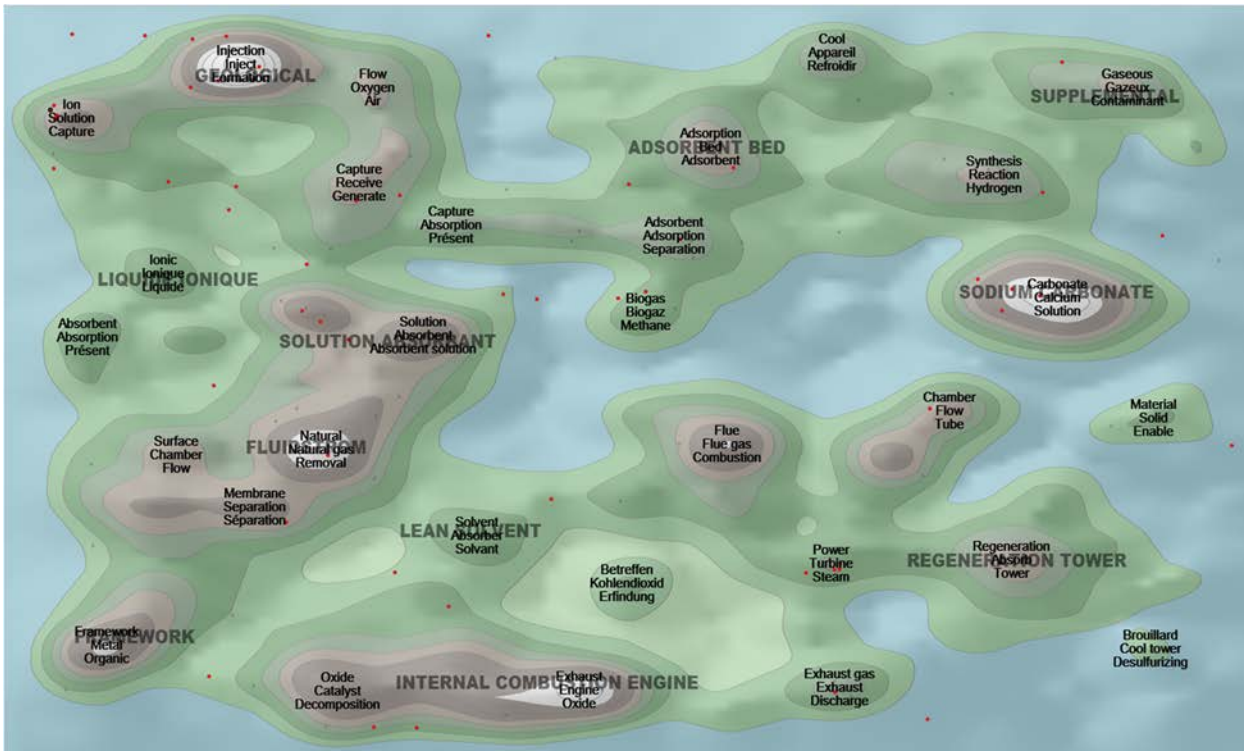
Figure 65 : Carte panoramique des entreprises canadiennes détenant des inventions dans la catégorie des réseaux intelligents



CAPTAGE DU CARBONE

La catégorie du captage du carbone comprend les technologies conçues pour capter les rejets, le CO_2 et les autres gaz à effet de serre produits par les installations industrielles et pour assurer leur transport et leur préparation en vue de leur stockage permanent.[lvii] Le captage du carbone joue un rôle important dans le domaine du changement climatique, car il est considéré comme une solution immédiatement applicable pour les grands émetteurs de gaz à effet de serre.[lviii] Des méthodes de captage du carbone ont été utilisées récemment par les industries pétrolières et gazières en Norvège, au Canada et en Algérie.[lix] La figure 66 est une carte panoramique des activités de brevetage liées aux technologies de captage du carbone à l'échelle mondiale; elle représente environ 2 000 inventions. Un sommet enneigé est présent dans le quadrant supérieur gauche de la carte et associé à des mots clés tels que « injection » [injection], « inject » [injecter] et « formation » [formation]. Ce sommet concerne des inventions liées à la séquestration du dioxyde de carbone à l'intérieur de formations géologiques. Un autre sommet enneigé, situé au bas de la carte, est associé à des mots clés tels que « exhaust » [échappement], « engine » [moteur] et « oxide » [oxyde] et lié à des systèmes de traitement des gaz d'échappement et à des dispositifs de contrôle des émissions de gaz d'échappement pour les moteurs à combustion interne. Les points rouges, qui représentent les inventions détenues par des entreprises canadiennes, sont répartis dans l'ensemble de la carte, ce qui indique que ces dernières ne sont spécialisées dans aucun secteur technologique spécifique lié au captage du carbone. À la vue de la carte panoramique, on peut s'interroger sur la mesure dans laquelle les entreprises canadiennes participent aux développements importants dans le secteur des technologies de captage du carbone compte tenu de la présence limitée de brevets canadiens à proximité des sommets enneigés.

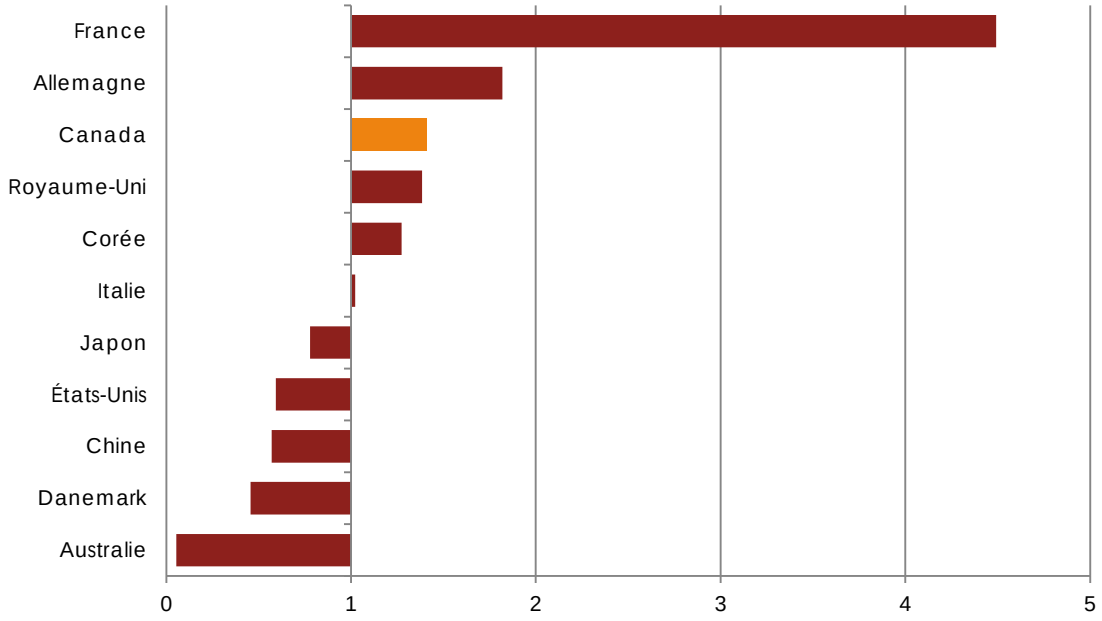
Figure 66 : Carte panoramique des activités de brevetage dans la catégorie du captage du carbone à l'échelle mondiale



Chercheurs

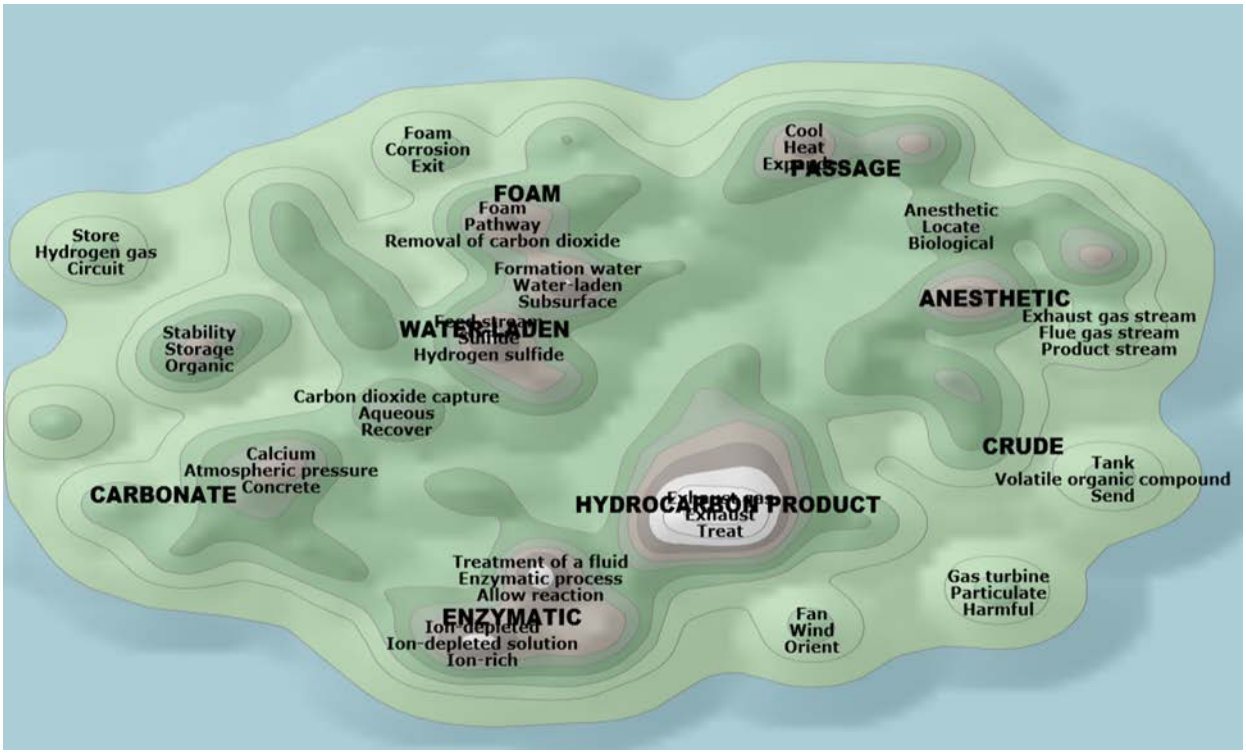
La figure 67 compare l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie du captage du carbone avec celui de chercheurs des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. Les chercheurs canadiens ont un indice ATR supérieur à un, ce qui indique l'existence d'une spécialisation. Parmi les pays sélectionnés, le Canada se classe au troisième rang derrière la France et l'Allemagne.

Figure 67 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des chercheurs dans la catégorie du captage du carbone



La carte panoramique illustrée à la figure 68 représente les secteurs dans lesquels les chercheurs canadiens sont actifs dans la catégorie du captage du carbone. Un imposant sommet enneigé est présent dans la partie inférieure de la carte et associé à des mots clés tels que « exhaust gas » [gaz d'échappement], « exhaust » [échappement] et « treat » [traiter]. Certaines des inventions à proximité de ce sommet sont liées à des procédés de réduction de l'intensité des émissions de carbone des combustibles.

Figure 68 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des chercheurs canadiens dans la catégorie du captage du carbone



Les chercheurs canadiens qui détiennent plus d'une invention dans la catégorie du captage du carbone et l'entreprise à laquelle ils sont associés sont présentés à la figure 69. Les entreprises auxquelles ces chercheurs sont associés sont toutes canadiennes, sauf une. Plusieurs des principaux chercheurs canadiens sont associés à CO2 Solutions, Osum Oil Sands et Carbon Engineering. Nous verrons dans la prochaine section que ces entreprises comptent également parmi les principales entreprises canadiennes dans cette catégorie.

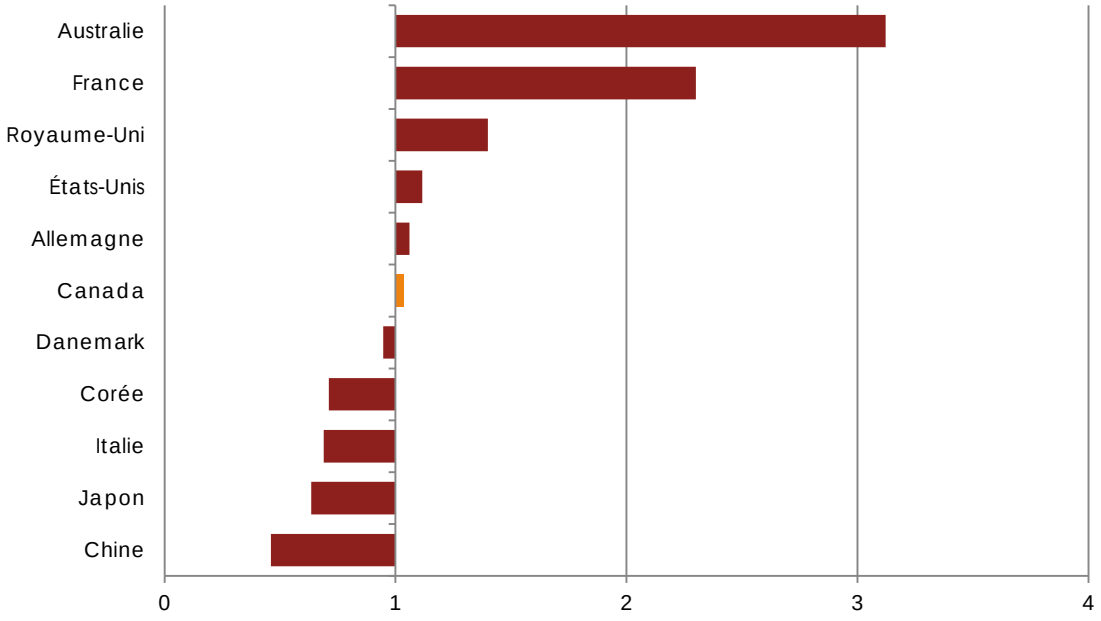
Figure 69 : Principaux chercheurs canadiens dans la catégorie du captage du carbone

Principaux chercheurs canadiens	Entreprise ou institution associée
Fradette, Sylvie	CO2 Solutions Inc. (CA)
Carley, Jonathan	CO2 Solutions Inc. (CA)
Ceperkovic, Olivera	CO2 Solutions Inc. (CA)
Kelly, Glenn	CO2 Solutions Inc. (CA)
Gil, Henry	Osum Oil Sands Corporation (CA)
Keith, David	Carbon Engineering S.E.C. (CA)
Peters, Eddy	Carbon Sink Inc. (US)
Dusseault, Maurice	Université de Waterloo (CA)
Gingras, Julie	CO2 Solutions Inc. (CA)
Squires, Andrew	Osum Oil Sands Corporation (CA)
Parent, Carmen	CO2 Solutions Inc. (CA)
Keefer, Bowie	QuestAir Technologies Inc. (CA)
Babicki, Matthew	G4 Insights Inc. (CA)
Belzil, Anne Levis	CO2 Solutions Inc. (CA)
Bilak, Roman	Terralog Technologies Inc. (CA)
Kuznicki, Steven	Université de l'Alberta (CA)
Madore, Eric	CO2 Solutions Inc. (CA)
Mahmoudkhani, Maryam	Carbon Engineering S.E.C. (CA)
Moisan, Michel	Université de Montréal (CA)
Ouimet, Michel	Cansolv Technologies Inc. (CA)

Entreprises et institutions

La figure 70 compare l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) des chercheurs canadiens dans la catégorie du captage du carbone avec celui de chercheurs des pays du G7 et de quatre autres pays chefs de file dans le domaine des TACC, soit la Chine, la Corée, l'Australie et le Danemark. Les entreprises canadiennes, qui se classent au 6e rang, ont un indice ATR supérieur à un, ce qui indique l'existence d'une spécialisation. Il est intéressant de constater que cette catégorie constitue un secteur de spécialisation aussi bien pour les entreprises canadiennes que pour les chercheurs canadiens.

Figure 70 : Indice d'avantage technologique révélé (ATR) selon l'origine des entreprises dans la catégorie du captage du carbone



Les entreprises ou institutions canadiennes qui détiennent plus d'une invention liée au captage du carbone sont énumérées à la figure 71. Il est intéressant de constater que les inventions de cette catégorie sont liées aussi bien à des entreprises canadiennes qu'au ministère des Ressources naturelles du gouvernement fédéral du Canada et à l'Université de Regina. CO2 Solutions et Osum Oil Sands sont associées à plusieurs des principaux chercheurs canadiens, comme l'indique la figure 69.

Figure 71 : Principales entreprises ou institutions canadiennes dans la catégorie du captage du carbone

Entreprise ou institution
CO2 Solutions Inc. (CA)
Schlumberger Canada Ltée (CA)
Osum Oil Sands Corp. (CA)
Université de Regina (CA)
Ministère des Ressources naturelles (CA)
Shell Canada Ltée (CA)

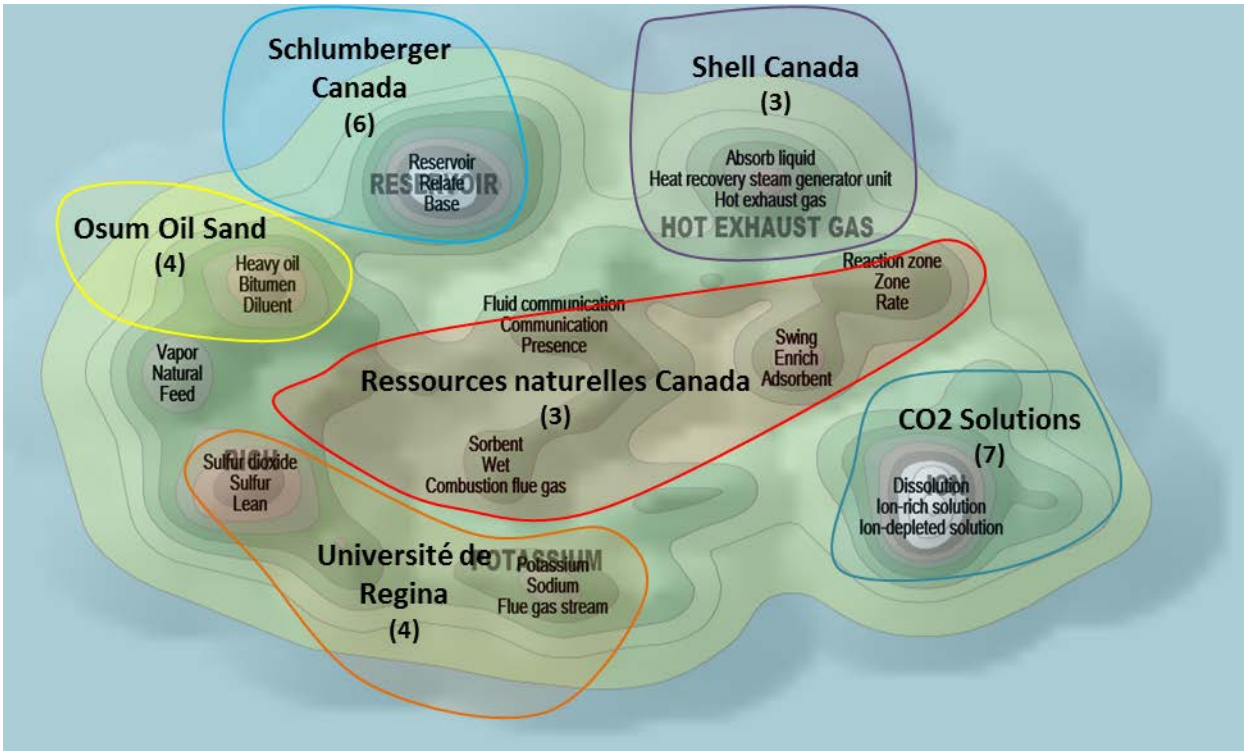
Les entreprises ou institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées au captage du carbone à l'échelle mondiale sont énumérées à la figure 72. Bon nombre des entreprises et institutions qui demandent le plus de brevets à l'égard d'inventions liées au captage du carbone sont originaires d'Europe, des États-Unis et d'Asie. Bien que les entreprises canadiennes soient spécialisées dans le captage du carbone, aucune ne figure dans cette liste.

Figure 72 : Principales entreprises ou institutions dans la catégorie du captage du carbone à l'échelle mondiale

Entreprise ou institution
Air Liquide (FR)
Alstom Technology Ltée (CH)
Mitsubishi Electric Corporation (JP)
SHELL Internationale Research Maatschappij B.V. (NL)
General Electric Company (US)
Siemens AG (DE)
ExxonMobil Research and Engineering Company (US)
Linde AG (DE)
Honeywell UOP SARL (US)
BASF SE (DE)

Les principales entreprises et institutions canadiennes dans cette catégorie sont identifiées sur la carte panoramique des brevets illustrée à la figure 73. CO2 Solutions détient des inventions liées à des procédés de captage du dioxyde de carbone. Schlumberger Canada détient des inventions liées à une méthodologie de stockage souterrain du dioxyde de carbone et le ministère des Ressources naturelles du Canada détient des inventions liées à un système de séparation des gaz pour le captage et la compression du dioxyde de carbone. Selon Ressources naturelles Canada, le Canada possède un potentiel de stockage géologique du dioxyde de carbone de calibre mondial. Le pays est également engagé dans plusieurs projets commerciaux et expérimentaux. À titre d'exemple, le projet Weyburn en Saskatchewan est l'un des premiers projets de grande envergure liés au captage du dioxyde de carbone dans le monde.[lx] C'est d'ailleurs ce qui pourrait expliquer la présence de l'Université de Regina sur la carte.

Figure 73 : Carte panoramique des familles de brevets liées à des entreprises canadiennes dans la catégorie du captage du carbone

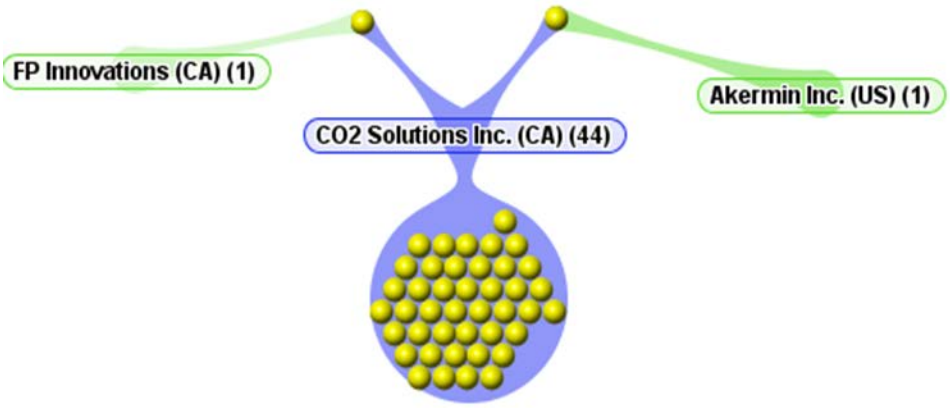


CO2 Solutions – Une réussite canadienne

CO2 Solutions compte parmi les entreprises canadiennes qui demandent le plus de brevets dans la catégorie du captage du carbone. L'entreprise, qui a son siège social au Québec, s'est constitué un important portefeuille de brevets portant sur l'utilisation de l'anhydrase carbonique pour le captage post-combustion efficace du dioxyde de carbone. En 2012 et 2013, CO2 Solutions a reçu des subventions totalisant 5,2 millions de dollars de l'Initiative écoÉNERGIE Innovation du gouvernement du Canada et de la Climate Change and Emissions Management Corporation (CCEMC) du gouvernement de l'Alberta pour un projet de 7,5 millions de dollars visant à optimiser et mettre à l'essai la technologie de captage du dioxyde de carbone issu de la production de sables bitumineux.[lxi] L'entreprise a également reçu un financement de 348 000 $ du Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), ainsi qu'une subvention de 2,4 millions de dollars accordée par Technologies du développement durable du Canada (TDDC).[lxii]

CO2 Solutions a collaboré avec de multiples entreprises dans le cadre d'activités de brevetage et d'octroi de licences ou à des fins d'affaires en général. La carte des collaborations illustrée à la figure 74 indique un lien avec Akermin Inc., un ancien concurrent américain, ainsi qu'avec FP innovation, une entreprise canadienne sans but lucratif spécialisée dans la mise au point de solutions novatrices à l'appui du secteur forestier canadien.[lxiii] Akermin Inc. est présente sur la carte des collaborations parce que CO2 Solutions a acquis des droits de propriété intellectuelle détenus par Akermin Inc. pour la somme de 400 000 $.[lxiv] CO2 Solutions a collaboré avec FP Innovations aux fins d'une invention liée à un appareil d'épuration des gaz et à un procédé faisant appel à la biofiltration et aux réactions enzymatiques. CO2 Solutions a également annoncé un accord de collaboration avec Hatch Ltée, une firme mondiale de génie-conseil, dans le cadre duquel CO2 Solutions autorisera l'exploitation sous licence de sa technologie exclusive.[lxv] L'entreprise a également collaboré avec plusieurs autres entreprises canadiennes et étrangères qui ont intégré la technologie exclusive de CO2 Solutions à des environnements industriels de grande envergure.[lxvi]

Figure 74 : Carte des collaborations de CO2 Solutions



CONCLUSION

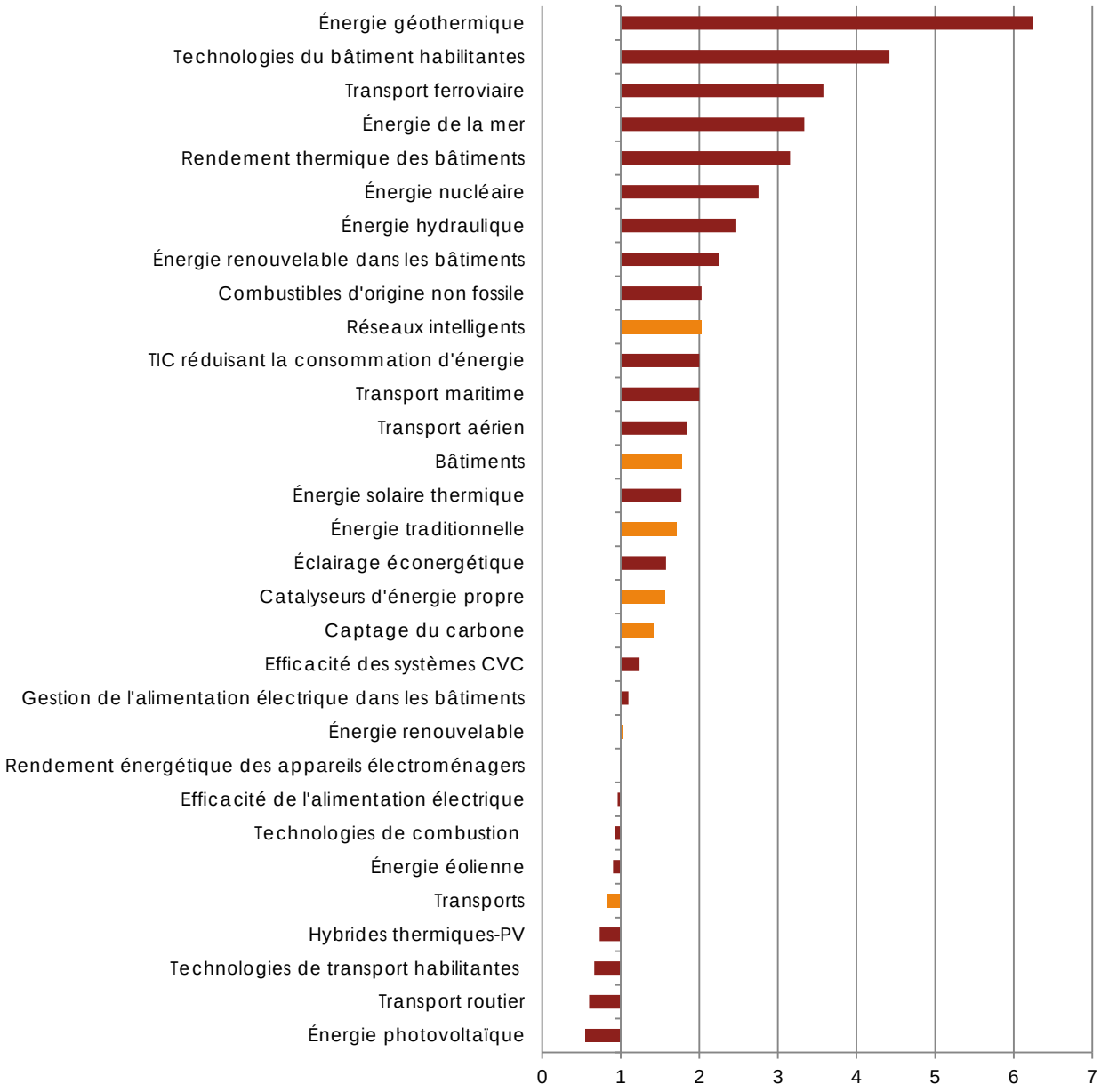
Dans le cadre du présent rapport, nous avons examiné l'activité de brevetage des chercheurs canadiens et des entreprises canadiennes dans le domaine des technologies d'atténuation du changement climatique (TACC). Le système d'étiquetage pour la classification des brevets de l'OEB a été utilisé pour identifier les brevets de TACC dans les catégories et sous-groupes des bâtiments, de l'énergie renouvelable, de l'énergie traditionnelle, du captage du carbone, des réseaux intelligents et des transports. L'analyse a été réalisée de deux points de vue distincts, soit celui de l'activité de brevetage des chercheurs canadiens et celui de l'activité de brevetage des entreprises canadiennes. Il est apparu que les chercheurs canadiens sont relativement spécialisés dans toutes les catégories de TACC, à l'exception des transports. Les résultats sont considérablement différents pour les entreprises canadiennes, qui sont uniquement spécialisées dans la catégorie du captage du carbone. En outre, les entreprises canadiennes qui demandent le plus de brevets à l'égard de TACC ne comptent pas parmi les principales entreprises qui sont actives dans ce domaine à l'échelle mondiale. Les entreprises canadiennes déposent une quantité considérable de demandes de brevet dans les sous-groupes liés aux transports, un secteur technologique dans lequel elles ne possèdent pas de spécialisation technologique. De manière générale, les chercheurs canadiens, comme les entreprises canadiennes, sont relativement spécialisés dans les TACC liées à l'énergie hydraulique, aux technologies de production de combustibles d'origine non fossile, à l'énergie nucléaire et au captage du carbone. Enfin, le fait d'avoir examiné les chercheurs et les entreprises de façon distincte a permis une meilleure compréhension de l'état de l'innovation dans le domaine des TACC. De plus, le fait de mettre ainsi en lumière les forces technologiques du Canada, du point de vue tant des chercheurs que des entreprises, permet aux décideurs d'élaborer des politiques plus ciblées conçues pour mettre à profit nos forces dans des secteurs technologiques spécifiques et faire ainsi progresser l'innovation dans le domaine des technologies d'atténuation du changement climatique.

ANNEXE A : Codes de classification des brevets

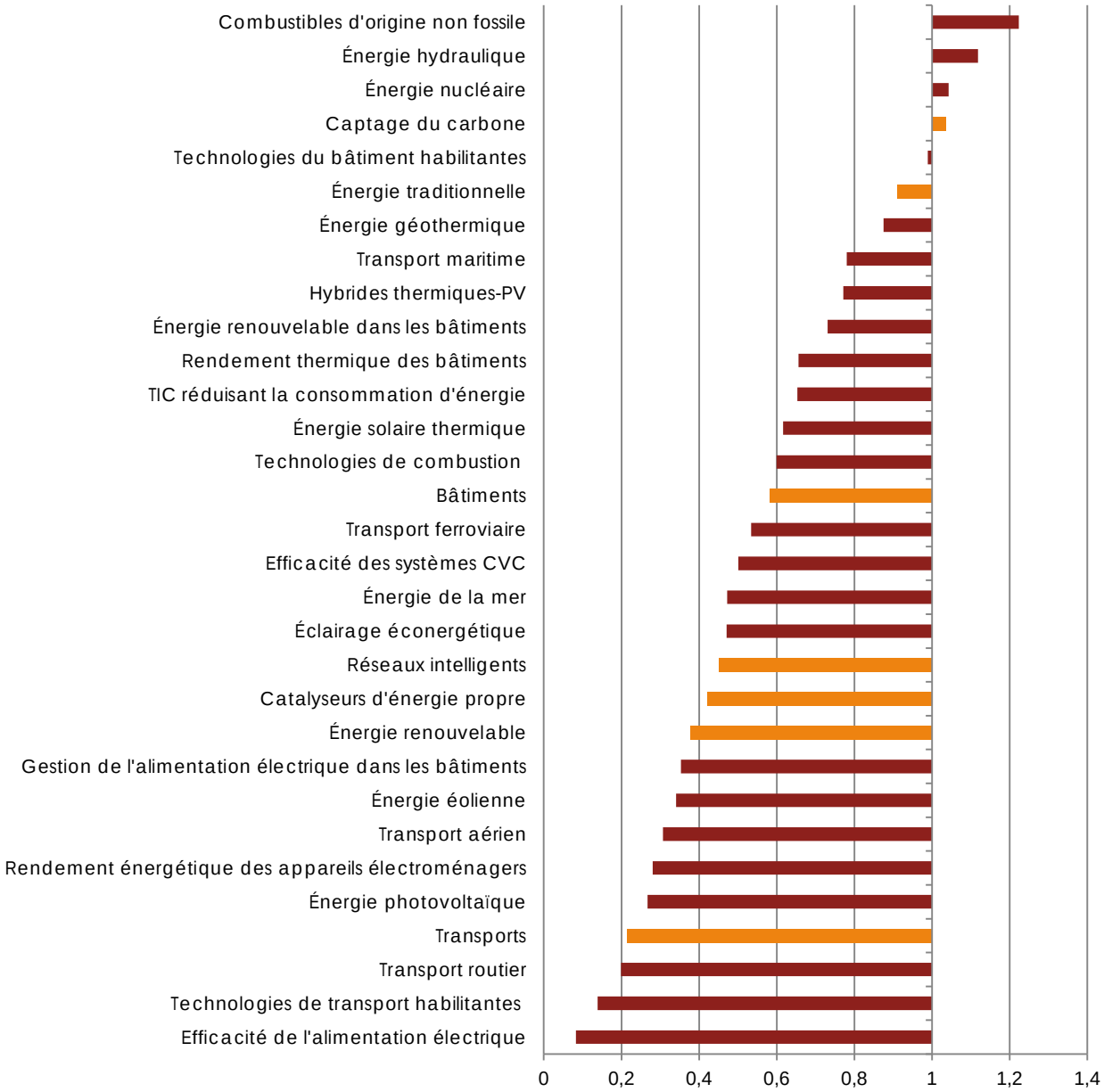
Code de classification	Description
Y02B	**SCHÉMA D'INDEXATION CONCERNANT LES TECHNOLOGIES D'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE LIÉES AUX BÂTIMENTS, Y COMPRIS, p. ex. LES APPLICATIONS RÉSIDENTIELLES OU POUR ÉLECTROMÉNAGERS ET LES APPLICATIONS D'UTILISATEUR FINAL APPARENTÉES**
Y02B10	Intégration de sources d'énergie renouvelable dans les bâtiments
Y02B20	Technologies d'éclairage éconergétiques
Y02B30	Systèmes de chauffage, de ventilation ou de climatisation [CVC] éconergétiques.
Y02B40	Technologies visant à améliorer le rendement énergétique des appareils électroménagers
Y02B50	Technologies éconergétiques appliquées aux ascenseurs, aux escaliers roulants et aux trottoirs roulants
Y02B60	Technologies de l'information et des communications [TIC] capables de réduire leur propre consommation d'énergie.
Y02B70	Technologies permettant une gestion et une consommation efficaces de l'énergie électrique par l'utilisateur final
Y02B80	Éléments d'architecture ou de construction améliorant le rendement thermique des bâtiments
Y02B90	Technologies habilitantes ou technologies présentant un potentiel d'atténuation des émissions de GES ou y contribuant indirectement
Y02C	**CAPTAGE, STOCKAGE, SÉQUESTRATION OU ÉLIMINATION DES GAZ À EFFET DE SERRE [GES]**
Y02E10	**PRODUCTION D'ÉNERGIE AU MOYEN DE SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE**
Y02E101	Énergie géothermique
Y02E102	Énergie hydraulique
Y02E103	Énergie de la mer
Y02E104	Énergie solaire thermique
Y02E105	Énergie photovoltaïque [PV]
Y02E106	Hybrides thermiques-PV
Y02E107	Énergie éolienne
Y02E20-50	**ÉNERGIE TRADITIONNELLE**
Y02E20	Technologies de combustion présentant un potentiel d'atténuation
Y02E30	Production d'énergie d'origine nucléaire
Y02E40	Technologies permettant une production, une transmission ou une distribution efficaces de l'énergie électrique.
Y02E50	Technologies de production de combustibles d'origine non fossile
Y02E60-70	**CATALYSEURS D'ÉNERGIE PROPRE**
Y02E60	Technologies habilitantes ou technologies présentant un potentiel d'atténuation des émissions de GES ou y contribuant indirectement
Y02E70	Autres systèmes de conversion ou de gestion de l'énergie réduisant les émissions de GES
Y02T	**TECHNOLOGIES D'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE LIÉES AUX TRANSPORTS**
Y02T10	Transport routier de marchandises ou de passagers
Y02T30	Transport ferroviaire de marchandises ou de passagers
Y02T50	Aéronautique ou transport aérien
Y02T70	Transport maritime ou fluvial
Y02T90	Technologies habilitantes ou technologies présentant un potentiel d'atténuation des émissions de GES ou y contribuant indirectement
Y04S	**SYSTÈMES INTÉGRANT DES TECHNOLOGIES LIÉES À L'EXPLOITATION DE RÉSEAUX D'APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE ET DES TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION OU D'INFORMATION PERMETTANT D'AMÉLIORER LA PRODUCTION, LA TRANSMISSION, LA DISTRIBUTION, LA GESTION OU LA CONSOMMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, c.-à-d. RÉSEAUX INTELLIGENTS**

Nous avons combiné les sous-groupes Y02E20, 30, 40, et 50 pour former la catégorie de l'énergie traditionnelle (Y02E 20 à 50). De même, nous avons combiné les sous-groupes Y02E60 et 70 pour former la catégorie des catalyseurs d'énergie propre(Y02E 60 et 70). La catégorie de l'énergie renouvelable (Y02E10), quant à elle, est formée de la combinaison des sous-groupes Y02E101, 102, 103, 104, 105, 106 et 107 (Y02E 101 à 107).

Annexe B : Classement des chercheurs canadiens selon leur indice d'avantage technologique révélé (ATR) dans chaque catégorie et sous-groupe



ANNEXE C : Classement des entreprises et institutions canadiennes selon leur indice d'avantage technologique révélé (ATR) dans chaque catégorie et sous-groupe



[i] Office de la propriété intellectuelle du Canada, http://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/h_wr00025.html
[ii] Document de consultation du Groupe de travail sur les technologies et l'innovation propres, et sur l'emploi (2016)
[iii] Rapport sur l'industrie canadienne des technologies propres 2017, Analytica Advisors. http://analytica-advisors.com/sites/default/files/2017%20Canadian%20Clean%20Technology%20Industry%20Report%20Synopsis%20FINAL.pdf
[iv] Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques : Plan canadien de lutte contre les changements climatiques et de croissance économique (2016). https://www.canada.ca/content/dam/themes/environment/documents/weather1/20170125-fr.pdf

[v] Document de consultation du Groupe de travail sur les technologies et l'innovation propres, et sur l'emploi (2016). https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/cc/content/6/4/7/64778dd5-e2d9-4930-be59-d6db7db5cbc0/working-20group-20on-20clean-20technology-20innovation-20and-20jobs-20final-20report-20fren....pdf

[vi] https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/cc/content/6/4/7/64778dd5-e2d9-4930-be59-d6db7db5cbc0/wg_report_specific_mitigation_opportunities_fr_v03.pdf

[vii] http://www.rncan.gc.ca/energie/ressources/mission-innovation/18613

[viii] https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2017/04/budget_2017_mesurespoursoutenirlestechnologiespropres.html

[ix] https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2016/11/canada-presente-strategie-visant-horizon-milieu-siecle-vue-effectuer-transition-vers-economie-faibles-emissions.html

[x] http://publications.gc.ca/collections/collection_2017/eccc/En4-291-2016-fra.pdf

[xi] Les sous-classes Y02 et Y04 sont utilisées uniquement pour étiqueter les documents qui sont déjà classés ou indexés dans un autre système et qui relèvent, au sens large, de grands domaines techniques spécifiques. Le but premier de l'étiquetage étant de permettre un suivi des nouveaux développements technologiques et d'identifier les technologies transversales qui ne correspondent entièrement à aucune autre section de la CIB, les codes de cette section ne remplacent en aucun cas les codes de classification ou d'indexation des autres sections. (https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y.html)

[xii] La catégorie de l'énergie renouvelable (Y02E10) comprend les sous-groupes Y02E101, 102, 103, 104, 105, 106 et 107 de la CPC. La catégorie de l'énergie traditionnelle comprend les sous-groupes Y02E20, Y02E30, Y02E40 et Y02E50 de la CPC. Les sous-groupes Y02E60 et Y02E70 de la CPC ont été combinés pour former la catégorie des catalyseurs d'énergie propre.

[xiii] http://www.ieso.ca/Pages/Ontario%27s-Power-System/Smart-Grid/default.aspx

[xiv] http://www.energy.alberta.ca/CCS/pdfs/FSCCS.pdf

[xv] Politique environnementale et innovation, Environnement et Changement climatique Canada (2016)

[xvi] Kleinknecht, Alfred, Kees Van Montfort et Erik Brouwew. 2002. « The Non-Trivial Choice Between Innovation Indicators », *Economics of Innovation and New Technology*, 11(2), p. 109 à 121.

[xvii] OCDE. 2010. « Insight into different types of patent families », Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie, 2010/2, Paris.

[xviii] Hanel, Petr. 2008. « The Use of Intellectual Property Rights and Innovation by Manufacturing Firms in Canada », *Economics of Innovation and New Technology*, 17(4), p. 285 à 309.

[xix] Enquête sur le financement et la croissance des petites et moyennes entreprises de 2014, ISDE et Statistique Canada

[xx] Baldwin, John R. et Guy Gellatly. 2006. « Capacités d'innovation : le capital de savoir, gage de survie et de croissance des entreprises », Série de documents de recherche sur l'économie canadienne en transition, Statistique Canada

[xxi] Dernis, H. et D. Guellec. 2001. « Using patent counts for cross-country comparisons of technology output », STI mimeo, Organisation de coopération et de développement économiques.

[xxii] Enquête sur le financement et la croissance des petites et moyennes entreprises de 2014, ISDE et Statistique Canada

[xxiii] http://www.hse.ru/data/2013/04/10/1297571825/09STI2013.pdf

[xxiv] Institut européen d'administration des affaires

[xxv] Classement des universités selon Quacquarelli Symonds (QS)

[xxvi] http://www.hse.ru/data/2013/04/10/1297571825/09STI2013.pdf

[xxvii] https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/cc/content/6/4/7/64778dd5-e2d9-4930-be59-d6db7db5cbc0/wg_report_specific_mitigation_opportunities_fr_v03.pdf

[xxviii] Ibid

[xxix] http://www.theglobeandmail.com/report-on-business/canadas-innovation-gap/article1368640/?page=all

[xxx] http://bcic.ca/wp-content/uploads/2015/12/bcic_csl_0006_westport.pdf

[xxxi] Idem

[xxxii] http://www.westport.com/news/2014/westport-and-delphi-sign-joint-development-agreement-to-commercialize-natural-gas-injector-tech

[xxxiii] http://www.westport.com/company/merger/

[xxxiv] http://helioscsp.com/magna-announces-new-facility-in-arizona-for-solar-energy/

[xxxv] https://canadahydro.ca/fr/realites/

[xxxvi] http://www.aecom.com/press/aecom-has-completed-its-acquisition-of-rsw-inc-an-international-engineering-firm-based-in-montreal-quebec-canada/

[xxxvii] http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/solutions/licences/oscillants.html

[xxxviii] https://www.dpoint.ca/zehnder-group-acquires-dpoint-technologies-inc/

[xxxix] https://www.dpoint.ca/zehnder-group-acquires-dpoint-technologies-inc/

[xl] http://www.ic.gc.ca/app/ccc/srch/nvgt.do?prtl=1&estblmntNo=900325900000&profile=cmpltPrfl&profileId=501&app=sold&lang=fra

[xli] http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/canada-nuclear-power.aspx
[xlii] http://www.cnsc-Atccsn.gc.ca/eng/reactors/power-plants/index.cfm
[xliii] http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/canada-nuclear-power.aspx
[xliv] http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/canada-nuclear-power.aspx
[xlv] http://www.cbc.ca/news/business/aecl-sold-for-15m-to-snc-lavalin-1.985786
[xlvi] http://terrestrialenergy.com/directors-and-officers/
[xlvii] http://www.chfca.ca/education-centre/what-is-a-fuel-cell/
[xlviii] https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2017/03/le_gouvernement_ducanadainvestit43millionsdedollarsdansdestechno.html
[xlix] http://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiques-de-presse/hq/730/percee-scientifique-dans-le-secteur-des-piles-rechargeables/
[l] http://www.chfca.ca/the-sector/the-canadian-sector/
[li] http://www.ieso.ca/Pages/Ontario%27s-Power-System/Smart-Grid/default.aspx
[lii] http://www.ic.gc.ca/app/ccc/srch/nvgt.do?lang=eng&prtl=1&estblmntNo=234567107090&profile=cmpltPrfl&profileId=501&app=sold
[liii] http://www.automatedbuildings.com/releases/jan06/pwrm.htm
[liv] http://www.marketwired.com/press-release/power-measurement-ltd-receives-17-million-funding-from-sustainable-development-technology-1757586.htm
[lv] http://www.enertechcapital.com/portfolio/encycle--formerly-regen-energy----energy-efficiency.html
[lvi] http://www.corinex.com/company/company
[lvii] http://www.energy.alberta.ca/CCS/pdfs/FSCCS.pdf
[lviii] http://www.rncan.gc.ca/energie/charbon/captage-stockage-carbone/4298
[lix] http://www.rncan.gc.ca/energie/charbon/captage-stockage-carbone/4298
[lx] http://www.rncan.gc.ca/energie/publications/16228
[lxi] http://www.co2solutions.com/press/release/list/
[lxii] http://www.co2solutions.com/press/release/list/
[lxiii] https://fpinnovations.ca/about-us/Pages/our-work.aspx
[lxiv] http://www.co2solutions.com/uploads/file/c4f7fc71fb7ea2779d7c52ee4dcd2031e9b5a08d.pdf
[lxv] http://www.co2solutions.com/uploads/file/54327952db8ef6e85f2df5b39a622e34a6c78509.pdf
[lxvi] http://www.co2solutions.com/press/release/list/