

Quebec and the Low-Carbon Economy

Prospects for Quebec Businesses

At a Glance

- Today's market offers substantial opportunities for low-carbon products and services.
- Industries that consume a lot of energy, such as manufacturing and aluminum production, can gain a financial advantage by locating in Quebec, with its low-carbon economy.
- The services industry (including, for example, sustainable finance), which is taking root in Quebec, can support net positive projects in this province.

A full French version of this publication follows this English executive summary.

The Institut du Québec’s first report on the low-carbon economy identified two underlying trends: a worldwide increase in electricity consumption and the imposition of carbon pricing in a number of countries. Because the electricity produced in Quebec is low-carbon and almost entirely renewable, this province is well positioned to seize opportunities in an expanding global market.

Several industry sectors have particular potential to benefit from this comparative advantage. These include manufacturing, aluminum production, and data centre operation. Quebec’s primary aluminum industry, which uses renewable energy, could easily replace part of the international production that currently emits a significant amount of carbon.

Compared with China, Quebec will have a competitive edge if carbon footprint becomes an important factor in choosing locations for production. As automation takes hold, the manufacturing industry in China will become a greater consumer of energy.

Data centres, fintechs,¹ and artificial intelligence centres also consume a lot of electricity. They too could benefit from Quebec’s clean energy supply.

Supports for net positive projects are already available, including sustainable finance ventures and government programs funded by Quebec’s Green Fund.

But to promote its competitive edge, the province needs a coordinated strategy focused on industries with potential to both yield economic gain and reduce greenhouse gases at home and elsewhere. And to launch Quebec firms into the world’s flourishing low-carbon markets, this strategy must overcome the rhetoric that opposes economic development and even sustainable development.

¹ Financial technology firms that use software, algorithms, and other technological tools to accelerate, support, and control the exchange of financial flows.

Institut du Québec

Now is the time to use this advantage as an economic lever. To achieve that goal, the Institut du Québec recommends these actions:

For businesses:

- Inventory their products and services to find out which offer a competitive edge in a low-carbon context.
- Understand how their activities reduce greenhouse gas emissions within the province; calculate the net positive impact of those activities beyond Quebec's borders.
- Focus on the electrification of their operations and low-carbon initiatives as pillars of growth, sustainability, and competitiveness; recognize that some processes will be difficult to change and will require major investments.
- Target international companies in their market sector that would benefit from reducing their carbon footprint.

For government:

- Launch or accelerate an economic strategy to make Quebec the hub of low-carbon expertise in North America. This would promote Quebec companies and their products and services to value chains and investors in the global low-carbon economy.
- Integrate this strategy into existing energy transition and green economy policies and measures in order to create a coherent low-carbon economic strategy:
 - Change the regulations framework to allow the Régie de l'Énergie to consider the reduction of greenhouse gases when making decisions.
 - Aim to use energy surpluses optimally, taking into account the lowering of greenhouse gas emissions.
 - Support and accelerate the implementation of a technological showcase to promote low-carbon products and services that could be positive for export markets.
 - Prioritize investment and procurement decisions that support these goals.
 - Recognize and promote the net positive effect of greenhouse gas reductions that Quebec's energy, services, and products can achieve elsewhere in the world.

- Update the Government of Quebec’s 2014 study on the carbon footprint of products; extend that study to other sectors to give companies a credible basis for their net positive claims.
- Support the promotion of low-carbon Quebec products that can integrate into global value chains; support efforts to attract new investments to Quebec related to the low-carbon economy.
- Support additional research to quantify Quebec’s comparative advantage in this field.
- Implement conditions that reinforce the low-carbon ecosystem, green financing, and venture capital in Quebec.
- Support companies in the electrification of selected industrial processes.

Rate this publication for a chance to win a prize!

www.conferenceboard.ca/e-Library/abstract.aspx?did=10014

Le Québec sobre en carbone

Des débouchés pour les entreprises du Québec



Un partenariat entre

Président
Raymond Bachand

Directrice
Mia Homsy

Directeur de la recherche
Robert Gagné

Directeur associé
Jean-Guy Côté

Le Québec sobre en carbone : des débouchés pour les entreprises du Québec

Jean-Guy Côté, Simon Langlois-Bertrand, et Marie-Josée Privyk (Millani)

À propos de l'Institut du Québec

Issu d'un partenariat entre le Conference Board du Canada et HEC Montréal, l'Institut du Québec axe ses recherches et ses études sur les enjeux socioéconomiques auxquels le Québec fait face. Il vise à fournir aux autorités publiques et au secteur privé les outils nécessaires pour prendre des décisions éclairées, et ainsi contribuer à bâtir une société plus dynamique, compétitive et prospère.



Institut du Québec

3000, chemin de la Côte-Sainte-Catherine, bur. 3.450

Montréal (Québec) H3T 2A7

institutduquebec.ca

[@InstitutduQC](https://www.instagram.com/InstitutduQC)

Un partenariat entre



HEC MONTRÉAL

Pour citer ce rapport : Côté Jean-Guy; Simon Langlois-Bertrand, et Marie-Josée Privyk. *Le Québec sobre en carbone : des débouchés pour les entreprises du Québec*, Montréal, Institut du Québec, 2018.

© Institut du Québec, un partenariat entre Le Conference Board du Canada et HEC Montréal, 2018
Publié au Canada | Tous droits réservés | Entente n° 40063028 | *Constituée en société sous le nom d'AERIC Inc.

Ce document est disponible sur demande dans un format accessible aux personnes ayant une déficience visuelle. Agent d'accessibilité, Le Conference Board du Canada. Tél. : 613-526-3280 ou 1-866-711-2262. Courriel : accessibility@conferenceboard.ca

MD Le Conference Board du Canada et le logo de la torche sont des marques déposées du Conference Board, Inc. Nos prévisions et travaux de recherche reposent souvent sur de nombreuses hypothèses et différentes sources de données. Ils présentent donc des risques et des incertitudes inhérents à ce genre de travail et ne doivent pas être perçus comme des sources de conseils spécifiques en matière de placement, de comptabilité, de droit ou de fiscalité.

TABLE DES MATIÈRES

i	RÉSUMÉ
1	Introduction
3	Des opportunités pour les entreprises du Québec
5	Appliquer une stratégie nette positive : exemples d'industries
32	Synergies et conditions déjà en place
33	Conclusions et recommandations
	Annexe A
38	Méthodologie
38	Le concept du cycle de vie
	Annexe B
43	Les programmes gouvernementaux favorisant la transition énergétique
	Annexe C
44	Bibliographie

Remerciements

L'institut du Québec aimerait remercier les organisations et personnes suivantes de leur appui et commentaires :

- Johanne Whitmore et Pierre-Olivier Pineau, Chaire de gestion du secteur de l'énergie de HEC Montréal
- Glen Hodgson, chercheur distingué, Le Conference Board du Canada et Pedro Antunes, économiste en chef, Le Conference Board du Canada
- Christian Bernard, Économiste en chef et vice-président communications marketing, Montréal International
- Pascal Geneviève, Directeur général, Groupe Conseil Carbone
- Pierre-André Hudon, Directeur, Études stratégiques, Finance Montréal
- Hélène Lauzon, Présidente, Conseil patronal de l'environnement du Québec
- Denis Leclerc, Président et chef de la direction, Écotech Québec
- Normand Mousseau, Professeur, Université de Montréal, Directeur académique, Institut de l'énergie Trottier, Polytechnique Montréal
- François Morin, Directeur général, Communications corporatives, Québec et Maritimes, BMO
- Janice Noronha, Directrice, Développement durable et changements climatiques, PwC
- Michael Novak, Président sortant, Fédération des Chambres de commerce du Québec
- Thomas Park, Vice-président, BDC Capital
- Alain Rajotte et Geneviève St-Onge, Direction des Affaires stratégiques et Partenariats, Transition énergétique Québec
- David Vincent, Directeur, Développement des affaires et ventes, Hydro-Québec
- Anne-Josée Laquerre, co-initiatrice, Québec Net Positif
- Alexandru Iordan, co-initiateur, Québec Net Positif
- Vincent Ayotte, Coordonnateur et gestionnaire de projet, Québec Net Positif

Ce rapport est né de l'initiative personnelle d'Alexandru Iordan et d'Anne-Josée Laquerre et a bénéficié de leur apport et commentaires tout au long de sa rédaction.

Les auteurs tiennent aussi à remercier Alain Dubuc, professeur associé, HEC Montréal pour ses commentaires.

L'IdQ demeure seul responsable des omissions et erreurs que peut contenir celui-ci.

RÉSUMÉ

Le Québec sobre en carbone : des débouchés pour les entreprises du Québec

Aperçu

- Il existe un marché substantiel pour les produits et services sobres en carbone.
- Certaines industries comme l'aluminium ou le secteur manufacturier qui comportent des opérations à forte intensité énergétique ont un avantage financier à s'installer et à produire au Québec dans le contexte d'une économie sobre en carbone.
- L'industrie de services, par exemple, la finance durable, s'installe au Québec et peut devenir un outil intéressant pour soutenir les projets nets positifs québécois.

Résumé

Dans le premier rapport de l'IdQ sur l'économie sobre en carbone, deux tendances de fond étaient soulevées : une augmentation de la consommation électrique dans le monde et la mise en place de régimes de tarification de carbone dans plusieurs pays et régions du monde. Le Québec, grâce à son électricité produite en quasi-totalité de façon renouvelable et sobre en carbone est positionné avantageusement pour saisir les possibilités d'un marché international en expansion.

Plusieurs industries sont clairement bien placées pour profiter de cet avantage comparatif du Québec. Par exemple : l'industrie de l'aluminium, le secteur de la fabrication ou les centres de données. L'industrie québécoise de l'aluminium primaire dont la production est basée sur de l'énergie renouvelable, pourrait facilement se substituer à une partie de la production internationale moins sobre en carbone. Comparativement à la Chine, le Québec a un net avantage concurrentiel si l'empreinte carbone devient un élément important dans les décisions d'emplacement de la production. Grâce à l'automatisation, l'industrie manufacturière en Chine deviendra une consommatrice d'énergie de plus en plus gourmande. Les centres de données, les fintechs¹ et les centres d'intelligence artificielle sont également de gros consommateurs d'électricité qui peuvent bénéficier de l'électricité propre du Québec.

Les outils existent pour soutenir les projets à caractère net positif, que ce soit au niveau financier grâce à l'émergence de la finance durable ou de programmes gouvernementaux financés par le Fonds vert. Il demeure qu'une stratégie concertée qui fait la promotion de l'avantage québécois est nécessaire. Cette stratégie doit se concentrer sur les industries qui ont un fort potentiel économique et qui misent sur la réduction

¹ Entreprises de technologie financière ou fintechs : entreprises qui utilisent des logiciels, algorithmes ou autres éléments technologiques pour accélérer, soutenir et contrôler les échanges de flux financiers.

des émissions de gaz à effet de serre, autant ici qu'ailleurs. Cette stratégie doit mettre de côté les discours qui opposent développement économique et développement durable et servir de rampe de lancement pour les entreprises du Québec vers des marchés sobres en carbone en pleine expansion.

Il s'agit maintenant de saisir cet avantage et de l'utiliser comme levier économique. Pour ce faire, l'IdQ propose les actions suivantes :

Pour les entreprises :

- Procéder à un inventaire rapide de l'avantage comparatif de leurs produits et services dans une perspective sobre en carbone ;
- S'outiller pour comprendre l'impact de leurs activités au niveau des réductions des gaz à effet de serre au Québec ainsi que l'incidence nette positive de celles-ci au-delà des frontières géographiques de la province ;
- Prioriser l'électrification des opérations et le sobre en carbone comme axes stratégiques de croissance, de pérennité et de compétitivité des entreprises, tout en reconnaissant que certains processus seront difficiles à transformer et exigeront des investissements majeurs qui auront besoin de soutien ; et
- Cibler activement les entreprises internationales dans leur marché qui auraient avantage à réduire l'empreinte de leur production.

Pour le gouvernement :

- Mettre sur pied ou accélérer une stratégie économique visant à asseoir le Québec comme plaque tournante du savoir-faire sobre en carbone en Amérique du Nord et, ainsi promouvoir les entreprises québécoises et leurs produits et services auprès des chaînes de valeur et des investisseurs de l'économie sobre en carbone internationale ;
- Inscrire cette stratégie dans les politiques et mesures existantes de la transition énergétique et de l'économie verte pour en faire une stratégie économique cohérente du sobre en carbone :
 - Modifier l'encadrement réglementaire pour permettre à la Régie de l'Énergie de prendre en compte la réduction des GES dans les paramètres qui mènent à leur décision ;

- Viser une utilisation optimale des surplus énergétiques qui prend en compte les réductions de GES;
- Favoriser et accélérer la réalisation de vitrines technologiques pour les produits et services sobres en carbone démontrant un potentiel « net positif » à l'exportation;
- Prioriser les décisions d'investissement et d'approvisionnement en conséquence;
- Reconnaître et mettre de l'avant l'effet « net positif » des réductions de gaz à effet de serre obtenues à l'étranger grâce à l'énergie, aux produits et services québécois;
- Actualiser l'étude du gouvernement du Québec de 2014 sur l'empreinte carbone des produits et l'étendre à d'autres secteurs afin de donner aux entreprises une base crédible et solide sur laquelle elles pourront appuyer leurs prétentions « nettes positives »;
- Soutenir le démarchage axé sur les produits québécois sobres en carbone qui peuvent intégrer des chaînes de valeur internationales et le démarchage axé sur les nouveaux investissements en lien avec l'économie sobre en carbone qui peuvent être faits sur le territoire québécois;
- Soutenir de la recherche supplémentaire pour quantifier l'avantage comparatif québécois;
- Mettre en place des conditions visant le renforcement de l'écosystème du sobre en carbone, du capital de risque durable et du financement vert au Québec; et
- Offrir un appui aux entreprises pour l'électrification de certains procédés industriels à la hauteur de leurs efforts.

Introduction

Dans *Un Québec sobre en carbone : l'avantage économique*, l'Institut du Québec (IdQ) faisait le point sur l'avantage économique des entreprises du Québec dans un monde qui cherche à réduire ses émissions de carbone. Le marché mondial des produits et services sobres en carbone est à la portée des entrepreneurs québécois pour autant qu'ils saisissent cette occasion.

Deux tendances internationales contraires se développent actuellement : une volonté exprimée de réduire les émissions de gaz à effet de serre qui s'incarne dans les systèmes de taxation du carbone et l'augmentation de la consommation énergétique, particulièrement en électricité, liée au développement économique.

Le Québec a une production électrique sobre en carbone et renouvelable à 99,9 %. Il produit ainsi des biens et services qui peuvent répondre aux désirs de réduction de l'empreinte carbone de certaines industries et entreprises internationales. Le cas échéant, les entreprises du Québec deviendraient « nettes positives ». Elles sont donc positionnées avantageusement dans l'environnement mondial pour s'accaparer de parts de marché du secteur des produits et services sobres en carbone.

Ce concept de 'net positif' a été développé en 2013 par le Forum for the Future, le World Wildlife Fund (WWF) et l'organisme The Climate Group 12 : une entreprise est nette positive lorsque son produit ou service à faibles émissions se substitue dans une chaîne de valeur à un produit ou à un service à fortes émissions de carbone. Par exemple, Hydro-Québec exporte de l'hydroélectricité qui sert à la climatisation des maisons au Massachusetts autrefois climatisées au moyen d'électricité produite par le gaz naturel. Les exportations d'Hydro-Québec sont alors nettes positives.

La figure 1 illustre l'avantage du Québec dans le cadre du marché des produits sobres en carbone.

Figure 1

Marché des produits sobres en carbone: avantages et défi pour le Québec



Source : Institut du Québec.

La figure 2 représente les forces, faiblesses, menaces et opportunités du Québec dans le cadre d'une stratégie économique axée sur l'exportation de son avantage dans les produits et services sobres en carbone.

Ce rapport, qui complète le premier rapport sur la question, se concentre sur les opportunités industrielles, de même que sur les produits et services qui peuvent être mis en valeur dans ce contexte dès maintenant : l'aluminium primaire, le secteur manufacturier, les centres de données. Il présente aussi divers outils pour aider ses industries. L'avantage du Québec y est parfois quantifié dans la mesure des limites des prémisses utilisées.

Figure 2

Stratégie économique de positionnement du Québec dans les marchés d'exportation

FORCES	FAIBLESSES
La quasi-totalité de l'électricité renouvelable sobre en carbone	Rareté de la main-d'œuvre dans certains secteurs
Économie intégrée	Efficacité énergétique encore peu élevée
Présence de grappes industrielles dans le secteur	Stratégie de réduction orientée exclusivement sur les effets locaux des actions
Présence d'un marché du carbone	Manque de reconnaissance des réductions de GES obtenues par les entreprises du Québec à l'international
Main-d'œuvre qualifiée	
OPPORTUNITÉS	MENACES
Un marché mondial en expansion	D'autres compétences amorcent rapidement leur transition énergétique
Des investissements majeurs en infrastructures vertes	
Appétit pour les produits sobres en carbone	Discours qui opposent développement économique et protection de l'environnement
Développement rapide du financement dit « vert »	La perception négative que pourrait avoir certains territoires de la production hydroélectrique

Source : Institut du Québec.

Cette fenêtre d'opportunité est cependant temporaire : les entreprises des états limitrophes du Québec qui entrent en compétition avec les entreprises québécoises vont un jour ou l'autre rattraper le bilan sobre en carbone du Québec en adoptant, entre autres, une production sobre en carbone d'électricité. Il s'agit alors de saisir dès maintenant cet avantage comparatif québécois.

Des opportunités pour les entreprises du Québec

Les entreprises québécoises se tournent vers l'exportation pour écouler leurs produits et services puisque les perspectives du marché intérieur au Québec ne sont pas nécessairement positives. Les projections du Conference Board du Canada permettent d'identifier quelques tendances lourdes auxquelles les économies canadienne et québécoise font face.

Les produits et services sobres en carbone présentent alors une occasion en or pour les entreprises du Québec qui cherchent à diversifier leurs marchés extérieurs.

D'abord, les perspectives de croissance seront, à court comme à long terme, limitées par le vieillissement de la population. À moyen terme, la croissance prévue du PIB réel du Québec est de 1,6 % seulement. D'où l'importance de diversifier les marchés d'exportation du Québec.

Dans le cadre d'une étude parue en 2016¹, l'IdQ soulignait l'importance de la diversification des marchés pour les entreprises du Québec. De plus, les marchés habituels du Québec comme ceux de la Nouvelle-Angleterre seront, eux aussi, soumis aux mêmes pressions liées au vieillissement de la population. Les produits et services sobres en carbone présentent alors une occasion en or pour les entreprises du Québec qui cherchent à diversifier leurs marchés extérieurs.

À la suite de la crise économique et financière de 2008-2009, un grand nombre de pays ont instauré des mesures de soutien à la croissance axées sur les emplois verts et les énergies renouvelables, et ce, peu importe les outils exacts employés pour stimuler ces secteurs. Au-delà de leur forme et impact précis, ces programmes ont eu comme conséquence de créer certaines dynamiques et de susciter un intérêt plus généralisé pour l'intégration de mesures à plus faible empreinte environnementale, en particulier, en ce qui a trait aux émissions de GES. Cette tendance va s'accélérer. Selon les estimations de la Commission globale sur l'économie et le climat, la note pour respecter les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre s'élèvera à 26 T\$ (mille milliards) US d'ici 2030². Bref, un marché exceptionnel pour ceux qui peuvent répondre aux paramètres du sobre en carbone.

Dans ce contexte, plusieurs entreprises cherchent à se (re) localiser stratégiquement par rapport à un avantage carbone, c'est-à-dire, un contexte qui permet de réduire rapidement l'impact environnemental de leurs activités. Dans le cas du Québec, l'avantage carbone est fortement lié à la forme d'énergie prédominante, l'hydroélectricité, une source d'énergie renouvelable. Les entreprises du Québec peuvent monnayer cet avantage lorsqu'elles entrent en compétition avec d'autres entreprises internationales dans le cadre de chaînes de production, notamment.

1 Rachel Atkinson, et coll., 2016.

2 Commission globale sur l'économie et le climat, 2018.

Institut du Québec

Les entreprises du Québec et les investisseurs étrangers ont intérêt à miser sur l'avantage comparatif du Québec. La prochaine section présente quelques exemples d'industries qui peuvent tirer profit de cet avantage. Lorsqu'un avantage est quantifié, l'annexe A présente les données utilisées.

Appliquer une stratégie nette positive : exemples d'industries

Les objectifs d'une stratégie visant à tirer profit de l'avantage québécois décrit dans le premier rapport sont énumérés ici : attirer des entreprises d'ailleurs afin de décarboniser leur consommation d'électricité, favoriser la décarbonisation de certaines industries québécoises, et encourager la croissance de l'économie québécoise dans des secteurs d'avenir tout en permettant de réduire les émissions de GES du Québec et celles du reste du monde.

Quelles sont les industries qui ont intérêt à choisir le Québec comme lieu d'affaires? Comment l'avantage comparatif du Québec peut-il être compris par rapport à chaque industrie ciblée?

Évidemment, il s'agit d'exemples choisis qui ne sont pas exclusifs.

L'objectif des exemples ci-dessous est d'indiquer des pistes de réflexion qui cadrent avec cette stratégie nette positive au moment d'appliquer cette stratégie à différents secteurs. Les cas sont choisis de façon à maximiser le potentiel d'information comparative : les industries présentées diffèrent ainsi dans leur maturité, type d'activités, l'importance de la consommation d'énergie dans leur bilan carbone, le secteur dans lequel ils opèrent, leur emplacement géographique dominant dans le contexte québécois (en zone urbaine ou plus éloignée), et leur taille par rapport à la taille d'entreprises typiques. Cette variété de critères permet ainsi de bien situer chaque exemple par rapport à la réflexion faite dans ce volet, et de tirer des conclusions plus riches.

Cette section s'attarde d'abord aux exemples choisis dans les industries de production (l'aluminium, le secteur de la fabrication) et des services (l'intelligence artificielle, les centres de données et la finance durable).

Industries de production

Une industrie de production de biens qui utilise l'électricité comme intrant jouit d'intéressantes possibilités économiques.

L'aluminium

L'industrie de l'aluminium occupe une place importante au Québec depuis plusieurs décennies. Si le Canada est le 4^e producteur mondial d'aluminium primaire, c'est grâce aux alumineries québécoises qui représentent près de 90 % de la production canadienne. Le Québec compte en effet neuf alumineries dont la capacité de production totale s'élève à 2,9 millions de tonnes³. Ces activités, principalement situées dans les régions de la Côte-Nord et du Saguenay–Lac-Saint-Jean, font de l'aluminium brut l'un des principaux produits d'exportation du Québec, avec des livraisons au-delà de 5 G\$ CA.

L'industrie de l'aluminium québécoise génère près de 30 000 emplois, dont 10 000 emplois directs dans la production d'aluminium primaire. La taille de ces activités et la longévité de l'industrie ont permis au Québec de développer une expertise reconnue mondialement, que ce soit au niveau des équipementiers ou des fournisseurs spécialisés, dont les firmes d'ingénierie québécoises⁴. Plusieurs centres de recherche publics et privés liés à ce secteur sont également présents au Québec.

La demande mondiale en volume d'aluminium primaire progresse de 5 % par année. En 2014, le transport en Amérique du Nord représentait 38 % de la consommation. La Chine représentait 11 % de la production mondiale en l'an 2000, pourcentage qui a grimpé à 55,7 % en 2015. Les nouvelles alumineries chinoises ont des sources d'énergie réservées à leur usage et sont moins énergivores qu'auparavant. La production aux États-Unis est en forte réduction⁵.

La production d'aluminium primaire exige une quantité massive d'électricité. Historiquement, la capacité du Québec à fournir des quantités importantes d'électricité à bas prix lui a permis d'attirer des entreprises de classe mondiale dans le secteur, telles que Rio Tinto

3 AluQuébec, 2018.

4 *Ibid.*

5 KPMG, 2016.

La production en sol québécois pourrait bientôt pratiquement éliminer les émissions de GES lors de la production d'aluminium primaire.

et Alcoa. Le coût de l'électricité demeure un facteur majeur pour les producteurs lorsque vient le moment de prendre une décision sur l'emplacement de leurs installations.

Plus récemment, toutefois, on observe des faits nouveaux importants au sujet de la source d'électricité utilisée dans la production d'aluminium. D'abord, plusieurs producteurs d'aluminium tentent aujourd'hui de demander une prime pour la faible empreinte carbone de l'électricité utilisée dans leurs activités. Depuis l'Accord de Paris, on observe une augmentation de la demande d'aluminium à plus faible empreinte carbone⁶ de la part de grands consommateurs des secteurs de l'électronique, de l'automobile et de l'emballage. Ainsi, les producteurs pouvant compter sur de l'électricité à très faibles émissions peuvent faire valoir leur avantage.

Cet avantage est également appelé à prendre de l'ampleur, puisque la part de l'électricité de source renouvelable dans la production d'aluminium mondiale a chuté au cours des dernières années avec la montée en flèche de la Chine et du Moyen-Orient. Ces régions utilisent principalement le charbon et le gaz naturel comme sources de production de l'électricité. Puisque des consommateurs majeurs d'aluminium comme Apple et Toyota tentent de réduire l'empreinte carbone de leurs activités, des entreprises comme Rio Tinto, Alcoa, ou encore Norsk Hydro (Norvège) se positionnent plus fermement pour promouvoir leurs produits en fonction de ces critères. Le développement de normes de traçabilité de l'aluminium devrait renforcer ces efforts.

De plus, la mise au point récente d'un nouveau procédé de fabrication né d'une collaboration entre Alcoa et Rio Tinto permettra l'élimination de la quasi-totalité des émissions restantes (hors énergie). Bien que la mise en application de cette découverte à l'échelle industrielle puisse prendre quelques années, cela signifie que la production en sol québécois pourrait bientôt pratiquement éliminer les émissions de GES lors de la production d'aluminium primaire, renforçant ainsi l'avantage carbone de la production locale.

6 Hobson, 2017.

Selon le MESI, les émissions de GES provenant de la production d'aluminium primaire au Québec sont 76 % plus basses que celles de la Chine.

Largement implanté au Québec, le secteur de l'aluminium tente déjà depuis un certain temps de tirer avantage de la faible empreinte carbone de l'électricité québécoise en s'inscrivant dans des chaînes de valeur mondiales. En réussissant à vendre leurs produits, les entreprises québécoises contribuent ainsi à limiter les émissions de GES de la planète. Ces activités sont facilitées en outre par l'existence de la grappe industrielle de l'aluminium, qui regroupe 1 500 établissements dans le but de favoriser la collaboration et les synergies entre les acteurs du milieu⁷.

De plus, une Stratégie québécoise de développement de l'aluminium est en place pour la période de 2015 à 2025. Elle vise à accroître les activités de transformation de l'aluminium, à augmenter la capacité d'innovation de la filière, ainsi qu'à faire valoir la faible empreinte carbone des produits québécois⁸ à l'international. Cette stratégie insiste également sur le fort potentiel de participation de l'industrie de l'aluminium dans les chaînes de valeur mondiales de l'économie sobre en carbone telles que celles associées aux véhicules électriques.

Pour faciliter son expansion dans l'optique du Québec net positif, le secteur de l'aluminium comprend des réseaux d'acteurs privés et gouvernementaux. Est-ce que cet avantage se répercute sur des facteurs financiers ?

Les principaux concurrents de l'industrie québécoise sont la Russie, le Moyen-Orient et surtout la Chine. Le graphique suivant illustre la production d'aluminium par région du monde. Les chiffres de production du Québec représentent une grande partie de la production nord-américaine.

Une analyse de cycle de vie de l'industrie de l'aluminium primaire a été produite pour le compte du ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) dont la dernière mise à jour date de 2016⁹. Cette analyse quantifie l'avantage du Québec dans le domaine. Le graphique 2 illustre le mix électrique de production de l'aluminium primaire pour quatre régions du monde, le Québec et ses concurrents.

7 AluQuébec, 2018.

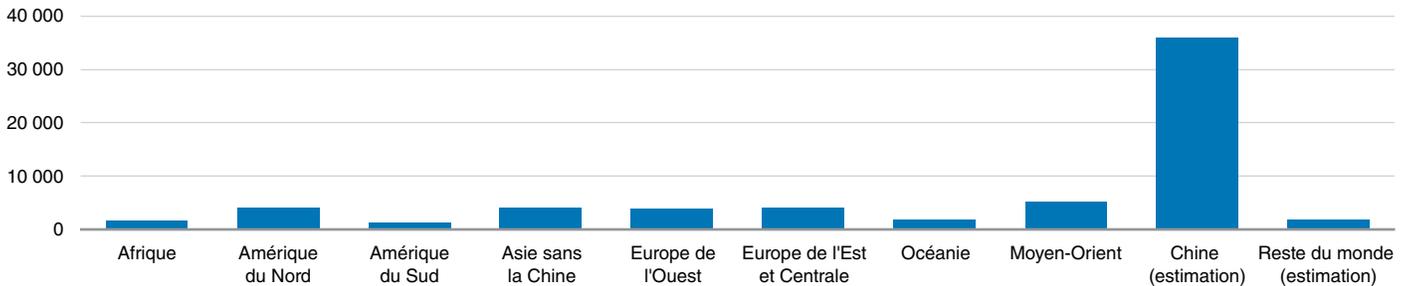
8 MESI, 2015.

9 Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2016.

Graphique 1

Production mondiale de tonnes métriques d'aluminium primaire par région, 2017

(en tonnes métriques)

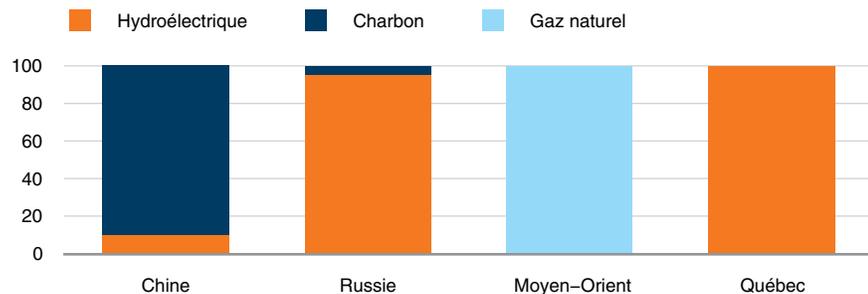


Source : International Aluminium Institute.

Graphique 2

Pourcentage de la source d'énergie électrique dans la fabrication de l'aluminium

(en %)



Source : ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation.

Une évidence se dégage : la production de l'aluminium primaire au Québec est passablement plus propre que celle du principal producteur mondial, la Chine. Selon le MESI, les émissions de GES provenant de la production d'aluminium primaire au Québec sont 76 % plus basses que celles de la Chine¹⁰. L'empreinte carbone de la production chinoise est particulièrement inquiétante. Dans un univers où cette production carbone est internalisée aux coûts de production, l'avantage comparatif financier du Québec est évident.

10 Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018.

Lorsque l'on monétise cet avantage (l'annexe A présente ce modèle en détail), le Québec a le potentiel d'abaisser le coût du carbone de 8,12 \$ US la tonne d'aluminium produite simplement en substituant une production chinoise par une production québécoise. Il est vrai que sur le prix total de la tonne, ce coût est minime, mais il sera de plus en plus important au fur et à mesure que les coûts du carbone augmenteront.

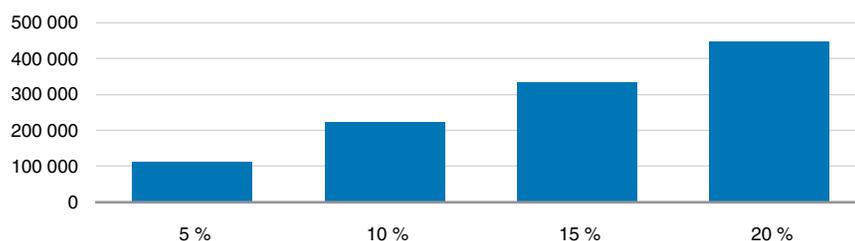
Ces perspectives sont intéressantes. En supposant un accès illimité à de l'énergie renouvelable et à une capacité infinie de production, si seulement 5 % de la production chinoise était remplacée par une production sobre en carbone, le Québec pourrait produire, estime-t-on, 112 000 tonnes de plus par année. Le graphique 3 présente divers scénarios de substitution pour le Québec. À 20 % de substitution (dont 6,2 % de cette substitution serait dirigée vers l'Amérique du Nord), les coûts épargnés par la production représentent 3,6 M\$ US par année.

De toute évidence, il s'agit d'une estimation conservatrice qui ne prend pas en compte l'attrait du sobre en carbone, mais seulement les coûts épargnés en taxes et en crédits carbone. De plus, il est présumé que la demande du produit est constante.

Graphique 3

Augmentation du nombre de tonnes produites par année par substitution de la production chinoise

(nombre de tonnes)



Source : Institut du Québec.

Le secteur de la fabrication en général

Le secteur de la fabrication représente environ 14 % du PIB québécois et 90 % de ses exportations. Dans la seule région de Montréal, il est responsable d'environ 10 % de l'emploi, avec des salaires moyens dépassant de 35 % la moyenne québécoise¹¹. En tout, la fabrication manufacturière comptait plus de 13 000 établissements en 2016, dont l'immense majorité était des PME, ce qui représente un PIB combiné de près 45 G\$ CA¹². C'est donc un pilier majeur de l'économie québécoise.

La croissance du secteur s'accompagne d'une transformation du secteur qui lui confère maintenant un ratio d'emploi par unité de valeur produite plus faible que par le passé. Cette tendance n'est pas unique au Québec. Elle s'observe ailleurs en Amérique du Nord également.

À la base, l'automatisation et le remplacement de tâches grâce à la robotique continuent de transformer ce secteur. Ces technologies, plus petites, flexibles et moins coûteuses, sont ainsi accessibles aux PME pour qui l'automatisation complète des chaînes de production est souvent hors de portée pour des raisons financières.

Toutefois, à l'heure actuelle, ces avancées ne sont que la pointe de l'iceberg. La fabrication additive (impression 3D), la réalité virtuelle, l'Internet des objets et les mégadonnées), entre autres, révolutionnent le secteur. De ces avancées, découle le concept d'usine « intelligente ». Ce concept est caractérisé par la communication continue au sein des chaînes de production et d'approvisionnement, comme les outils et les postes de travail. Avec l'entrée en scène de l'intelligence artificielle en fabrication, ces faits nouveaux mènent aujourd'hui à une « révolution industrielle 4.0 », révolution où les produits et objets convergent avec la conception numérique et le monde virtuel.

Ces progrès technologiques ont la caractéristique commune d'augmenter sensiblement la consommation d'électricité. En effet, si ces technologies sont associées à un besoin de main-d'œuvre plus faible et plus spécialisée, l'électricité demeure la source privilégiée pour leur fonctionnement. Pour ces secteurs manufacturiers, l'importance d'utiliser

11 CRIQ, 2016, Montréal, 2017.

12 MESI, Québec, 2018.

une électricité émettant peu de GES est donc essentielle à la réduction des émissions et à la décarbonisation des chaînes de production.

Cet aspect est d'autant plus important que dans le contexte québécois, le secteur manufacturier tire une part importante de son énergie de sources non électriques. Près des deux tiers de l'alimentation énergétique des industries manufacturières, soit 20 % de la demande énergétique du secteur industriel au Québec, proviennent de carburants fossiles comme le gaz naturel, le pétrole et le charbon¹³. Les émissions provenant du secteur sont donc importantes. De plus, si les grands consommateurs comme l'industrie des pâtes et papiers et les industries chimiques ont réduit leurs émissions au cours des dernières années, ce n'est pas le cas des autres industries manufacturières. On pense aux industries alimentaires, à l'industrie des boissons, au bois, aux textiles et vêtements, produits informatiques, électriques et électroniques et aux machines et matériel de transport, notamment. En effet, ces secteurs ont vu leurs émissions plus que doubler de 2000 à 2014, réitérant l'importance de trouver des solutions à faibles émissions¹⁴. Le graphique 4 présente l'évolution des émissions de GES par secteur manufacturier au Québec. Ce graphique est tiré d'une fiche technique de Transition énergétique Québec (TEQ)¹⁵.

Étant donné la place prépondérante de l'électricité comme principale source d'approvisionnement énergétique des technologies et systèmes décrits dans cette section, il existe des occasions à explorer pour réduire les émissions du secteur en favorisant l'utilisation de l'hydroélectricité québécoise. Il faut garder à l'esprit que certaines industries manufacturières ont des coûts prohibitifs pour éliminer les processus liés à la combustion. Un soutien financier devrait être envisagé à la hauteur de leurs investissements.

En partant, plusieurs conditions qui facilitent ces développements et l'établissement du secteur comme priorité dans une stratégie nette positive, sont présentes. D'abord, la présence d'infrastructures robustes et performantes, en particulier à Montréal et à Québec, peut accélérer le

13 Pineau et Whitmore, *L'État de l'énergie au Québec 2018*, 2018.

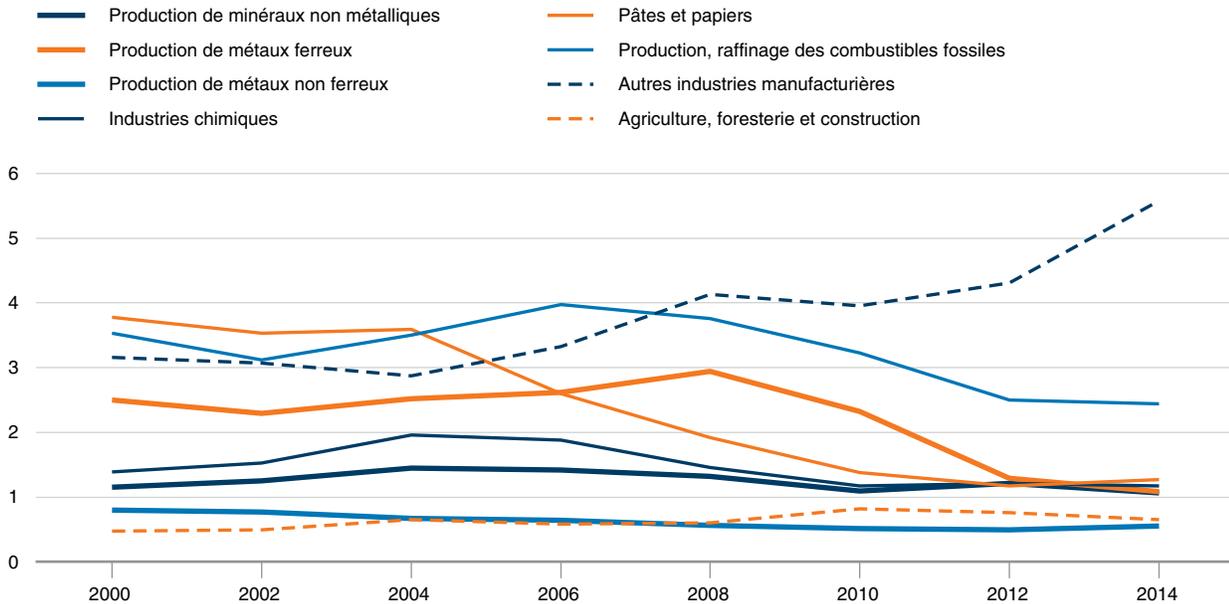
14 Transition énergétique Québec, 2018.

15 *Ibid.*

Graphique 4

Émissions de GES par industrie manufacturière au Québec de 2000 à 2014

(en tonnes métriques, T/CO²)



Source : Transition énergétique Québec.

développement du secteur, notamment en termes de bande passante et d'hébergement de centres de données. De plus, l'existence d'un bassin de main-d'œuvre qualifiée et de centres d'expertise et de recherche peut inciter les entreprises voulant s'installer au Québec dans le contexte de la révolution industrielle 4.0 à passer à l'action.

Notons que la présence du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) qui favorise une approche axée sur les avancées technologiques en cours pour propulser le secteur manufacturier québécois, encourage le développement à la fois du secteur et de projets d'innovation. En plus de faciliter l'accès à une banque de données industrielles, le CRIQ est à l'origine du regroupement des équipementiers en automatisation industrielle. Cela favorise ainsi la collaboration des membres pour la mise sur pied de projets complexes. D'autres regroupements comme PME West Island ou Manufacturiers et exportateurs du Québec

s'ajoutent à cet écosystème, augmentant du coup les possibilités de collaboration.

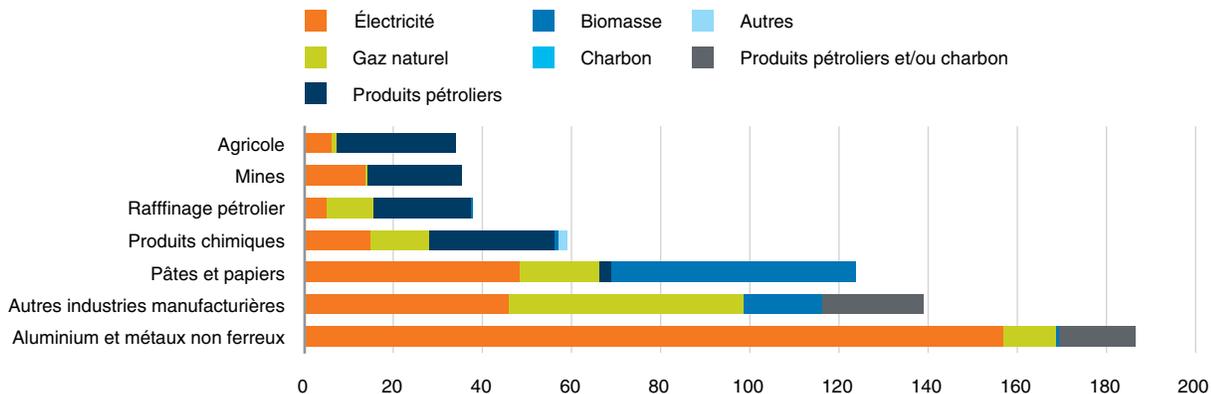
Vu la transformation du secteur manufacturier en cours au Québec et à l'international, il est donc possible de voir l'impact net positif que la promotion du Québec et de son hydroélectricité pourrait avoir sur les activités manufacturières. Le Québec pourrait bénéficier grandement de ce nouveau contexte. Cet essor pourrait avoir un effet d'entraînement sur d'autres secteurs d'activité (matières premières, par exemple). Ceux-ci pourraient ainsi profiter des impacts des innovations et envisager la possibilité de s'inscrire fermement dans les chaînes de valeur d'avenir mondiales comme celles des véhicules électriques. D'ailleurs, la formation d'une grappe industrielle en propulsion électrique est en soi un bon signal.

Le graphique 5 est tiré de *l'État de l'énergie au Québec 2018* de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie de HEC Montréal.

Graphique 5

Consommation d'énergie par type d'activité, secteur industriel du Québec, 2014

(PJ)



Source: Pineau, P.-O., et Whitmore, J., 2018.

L'avantage du Québec repose encore une fois sur la forme d'énergie utilisée. Le mix énergétique de ses voisins est moins sobre en carbone.

Les entreprises québécoises sont en bonne posture pour profiter d'un marché d'exportation des matériaux avancés sobres en carbone qui pourrait atteindre 1 T \$ US en 2038.

Plusieurs marchés pourraient contribuer à l'essor de l'industrie manufacturière. Par exemple, le marché de la production de matériaux avancés (capteurs, haute technologie, films, matériaux électroniques ou composites, etc.) dans un environnement sobre en carbone et qui entrent dans la fabrication de plusieurs biens de consommation, est en progression dans le monde. En 2018, Parker estimait le marché des matériaux avancés potentiel à 599 G\$ US¹⁶. En 2023, ce marché sera de 682 G\$ US, une augmentation de 14 % en cinq ans. Projetée sur 20 ans, avec les limites associées à une projection linéaire, on pourrait estimer un marché de 1 T\$ US en 2038. Quelque 36 % de ce marché est situé en Asie. Au Canada, en 2018, la demande pour le marché des matériaux avancés sobres en carbone est estimée à 10,6 G\$ US. Le marché intérieur ne croît pas aussi vite que le marché international, d'où l'intérêt d'une stratégie nette positive orientée vers l'exportation. Il y a une demande assez forte pour les produits sobres en carbone pour laquelle les entreprises du Québec sont en mesure de répondre.

Un autre exemple est celui de la grappe industrielle, Propulsion Québec. Créée en 2017 au Québec, cette grappe mobilise tous les acteurs de la filière autour de projets concertés ayant pour objectif de positionner le Québec parmi les leaders mondiaux du développement et du déploiement des modes de transport terrestre qui favorisent le transport intelligent et électrique. Par exemple, selon Marketline, l'industrie de la voiture électrique avait une valeur de 75,1 G\$ US en 2016¹⁷. Cette valeur sera de près de 130 G\$ US en 2021. La croissance présumée du marché se situe autour de 10 % par année.

L'industrie de la construction est elle aussi une industrie prometteuse. L'explosion des immeubles LEED est témoin de cette propension du marché à investir dans cette voie pour autant que la réduction des GES soit reconnue dans les méthodes LEED. Le Québec, autant pour le marché intérieur que pour le marché d'exportation comme l'industrie nord-américaine (bois, plastique), est bien positionné pour en profiter. IBISWorld estimait le marché à 62,2 G\$ US¹⁸ en 2018 et prévoyait une

16 Parker, 2018.

17 Marketline, 2018.

18 Lifschutz, 2018.

progression de 2,0 % par année jusqu'en 2023 pour les États-Unis seulement. Le Nord-Est des États-Unis, client traditionnel des produits du Québec, représente une part importante du marché de ce secteur.

Déjà, l'écosystème des technologies vertes est bien installé au Québec. En 2013, selon un rapport sur l'industrie de l'environnement¹⁹ de l'Institut de la statistique du Québec, 1 460 entreprises au Québec évoluent dans ce secteur dont les recettes totalisent 8,1 G\$ (en 2011). Ces entreprises sont en majorité des PME et donnaient du travail à 28 188 personnes. Elles exportaient pour 3,2 G\$, soit 39,5 % de leur revenu (pour l'ensemble de l'économie du Québec (en 2011), cette proportion était de 22 %). Pour le seul secteur de l'énergie renouvelable, les revenus d'exportation qui y sont liés seraient de 800 M\$ en 2011.

Le potentiel de l'industrie est très intéressant. Un exemple concret : la société Batteries Mustang, située en Montérégie, produit des batteries et des accumulateurs. Cette industrie, sobre en carbone parce que située ici au Québec et évoluant aussi dans un secteur en demande en technologies vertes, a un fort potentiel. Si en 2016, le marché mondial des technologies vertes était estimé à plus de 22 G\$ US, celui-ci atteindra 93 G\$ US en 2025²⁰. C'est sur ses forces que le Québec peut bâtir une stratégie nette positive.

Industries de services

Les services, que ce soit comme fournisseur ou fabricant de produits aux consommateurs, peuvent bénéficier d'une économie sobre en carbone.

Les centres de données

Les centres de données sont nécessaires dans les domaines de l'intelligence artificielle (IA), la FinTech et l'industrie du stockage de données, car ils soutiennent ces industries en forte croissance. Dans le premier cas, l'intelligence artificielle constitue le moteur du prochain grand virage technologique. Ses applications sont variées et touchent

19 Tel que précisé dans le Système de comptabilité économique et environnementale intégrée (SCEE) qui comprend la protection et l'analyse de l'environnement, la production d'énergie renouvelable et son stockage, etc.

20 Grand View Research, 2018.

Au Québec, le secteur de la FinTech est en croissance fulgurante depuis quelques années. Les investissements dans ce domaine sont passés de 930 M\$ en 2008 à plus de 22 G\$ en 2015.

pratiquement l'ensemble des industries, que ce soit dans le cadre de services de traduction, d'assistants virtuels et de reconnaissance de la parole, d'imagerie médicale, de finances et de transport²¹.

L'écosystème montréalais dans le domaine de l'IA est foisonnant. D'abord, en recherche, la ville est l'hôte de l'Institut des algorithmes d'apprentissage de Montréal (MILA), un regroupement de chercheurs qui a pour mission de favoriser l'accès aux entreprises aux technologies de fine pointe. Le regroupement est le fruit d'une collaboration entre l'Université McGill et l'Université de Montréal, et comprend plus de 250 chercheurs et étudiants au doctorat dans des domaines liés à l'IA. Ces domaines incluent, par exemple, la vision par ordinateur, le langage naturel et la reconnaissance de la parole, en plus de champs d'expertise complémentaires à l'IA (science des données, recherche opérationnelle, imagerie médicale)²².

De plus, tous les gros joueurs nord-américains en IA sont déjà présents à Montréal : Google, Facebook, Microsoft, SAP, Pratt & Whitney, General Electric, en plus d'acteurs locaux comme Element AI. Cette entreprise qui agit comme incubateur permet de lancer des solutions innovatrices en matière d'IA en formant des partenariats entre les entreprises et les centres de recherche universitaires. À cet écosystème s'ajoutent des regroupements locaux comme MTL Data, Data DrivenMTL, ou encore, MTL Machine Learning.

Dans le cas de l'écosystème fintech, ce secteur regroupe une nouvelle industrie qui déploie différentes technologies pour améliorer les activités financières. Les fintechs sont souvent des entreprises en démarrage (start-up) maîtrisant bien les TIC, qui proposent des solutions à des problématiques émergentes de l'industrie des services financiers ou offrent des solutions complémentaires. De ce fait, elles présentent souvent un fort potentiel d'innovation de rupture, par exemple, en matière de solutions de paiement, d'échange de devises, ou de véhicules de financement.

21 Montréal International, 2017.

22 *Ibid.*

Au Québec, le secteur de la FinTech est en croissance fulgurante depuis quelques années. Les investissements dans ce domaine sont passés de 930 M\$ en 2008 à plus de 22 G\$ en 2015²³. Le Canada n'est pas en reste, avec des investissements de près de 700 M\$ en 2015, presque autant que le Royaume-Uni. Malgré un retard considérable sur les États-Unis, le taux de croissance de la FinTech au Canada s'est maintenu bien au-delà de 30 % depuis 2012. La majeure partie de cette croissance se situe en Ontario, bien qu'une certaine proportion ait eu lieu à Montréal également, surtout dans des activités visant les relations d'entreprises à entreprises (B2B) ainsi que dans les solutions de paiement et d'investissement. La demande pour les services de ces secteurs devrait croître rapidement au cours des prochaines années²⁴.

Il convient de noter que ces deux secteurs en très forte croissance nécessitent des infrastructures de TIC très développées. Ce sont également des industries et applications où 100 % de l'énergie requise est électrique. Bien que certaines des activités soient à faible consommation énergétique, elles doivent cependant s'appuyer sur des industries connexes où la consommation est beaucoup plus élevée, notamment les centres de traitement de données. Comme ces secteurs sont appelés à prendre une expansion considérable au cours des prochaines années, le Québec est bien positionné pour faire la promotion de son avantage.

De plus, l'ensemble des conditions québécoises, particulièrement dans la région de Montréal, rend prometteuses les perspectives d'attrait d'entreprises étrangères dans ces secteurs. En premier lieu, le bassin de main-d'œuvre et de programmes universitaires spécialisés est considérable. Notons que l'industrie des TIC de Montréal comprend plus de 90 000 travailleurs qui peuvent compter sur la présence d'infrastructures solides et développées pour les télécommunications et les centres de données. De plus, Montréal est un pôle de recherche de classe mondiale pour l'IA. Montréal a d'ailleurs été élue « Communauté intelligente de l'année » en 2016 par l'Intelligent Community Forum²⁵.

23 Accenture, 2016.

24 EY, 2017.

25 Montréal International, communiqué de presse, le 17 juin 2016.

Institut du Québec

Pour développer la FinTech, la ville compte sur une industrie financière forte de 100 000 emplois et un accès à bon marché à des programmes de formation spécialisés.

En second lieu, les deux paliers de gouvernement s'impliquent pour encourager l'innovation en IA. En 2017, le gouvernement du Québec a créé un comité dirigé par Pierre Boivin et Guy Breton dont la mission était de développer un plan stratégique afin de faire du Québec un pôle en IA. Ce comité doit s'assurer de mettre en place une infrastructure de collaboration avec le MILA, et veiller à ce que le Québec bénéficie des programmes du gouvernement fédéral si des fonds supplémentaires devaient être octroyés pour les « supergrappes ».

Déjà, l'une de ces supergrappes du programme fédéral SCALE AI, veillera à étudier les applications de l'IA aux chaînes d'approvisionnement. De plus, 93,5 M\$ avaient déjà été remis à l'Institut de valorisation des données (IVADO) par le Fonds d'excellence en recherche Apogée du Canada en 2016. Le gouvernement fédéral a investi 213 M \$ en 2017 pour le financement de la recherche en IA et en mégadonnées à Montréal. À ces fonds s'ajoutent les 100 M\$ sur cinq ans du gouvernement québécois pour le développement de la supergrappe montréalaise.

En troisième lieu, le même degré d'intérêt se manifeste pour les applications de type fintech. Montréal est déjà un centre important de la FinTech. La métropole est l'hôte depuis 2014 du plus important forum fintech au Canada. La Caisse de dépôt et placement du Québec, le groupe Desjardins, La Capitale, Sunlife et le Fonds de solidarité de la FTQ ont créé un fonds d'investissement consacré au secteur de la FinTech et à l'intelligence artificielle appliquée à la finance, Luge Capital, dont la taille pourrait atteindre 75 M\$. Il existe également un pôle de technologies financières de Finance Montréal²⁶ (Station FinTech Montréal), financé en grande partie par le gouvernement québécois, dont l'objectif est d'appuyer le démarrage et le développement d'entreprises fintech. À ces initiatives s'ajoutent d'autres comme le Holt Accelerator, lancé en 2018, qui bonifie l'offre de capital à Montréal pour les entreprises en démarrage dans l'industrie de la FinTech.

26 La grappe industrielle en finances du Québec.

Les secteurs d'avenir que représentent les applications de l'intelligence artificielle et la FinTech sont des exemples d'activités en rapide expansion qui reposent sur l'énergie électrique à 100 % comme source d'énergie. Ayant en tête la stratégie d'un Québec net positif, le Québec pourrait ainsi attirer et développer ces secteurs et se positionner avantageusement dans l'économie de demain, tout en contribuant à réduire grandement les émissions de GES grâce à une utilisation stratégique de son hydroélectricité.

La cryptomonnaie et les surplus énergétiques

Le Québec est devenu un centre d'intérêt particulier pour la cryptomonnaie depuis quelques mois. Son climat et son électricité fiable et peu chère en font une destination de choix pour les « mineurs » de monnaie virtuelle. Basée sur la technologie des « chaînes de bloc », la cryptomonnaie constitue une plateforme d'échanges économiques dont la vérification de l'authenticité des transactions passe par un réseau dispersé de serveurs. En échange de cette vérification, le réseau de serveurs est récompensé par un pourcentage du paiement échangé. On dit alors qu'il a « miné » une monnaie virtuelle.

Pour y parvenir, il faut un nombre impressionnant de serveurs (reliés par un réseau) qui consomment évidemment beaucoup d'énergie. Lorsque cette énergie provient de sources lourdes en carbone, le minage de cryptomonnaie n'a pas un bon portrait environnemental. Ce portrait est différent dans le cas du Québec.

Néanmoins, existe-t-il réellement des opportunités à explorer ? Malgré la présence d'un surplus énergétique, est-ce qu'investir celui-ci dans des centres de serveurs dont les revenus sont basés sur une devise dont la valeur fluctue énormément et dont la création d'emploi est limitée est une utilisation judicieuse de ce surplus ?

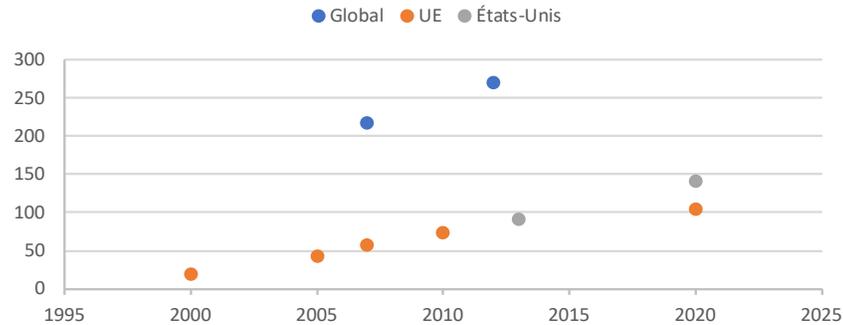
À ce sujet, des études de retombées économiques réalisées par la firme KPMG montrent que le secteur des centres de données peut créer entre 5 et 25 emplois par MW, alors que celui du minage de cryptomonnaies n'en crée qu'entre 0,4 et 2,3 emplois par MW²⁷.

27 KPMG, 2017.

Institut du Québec

Graphique 6

Consommation de TWh pour les centres de données (TWh)



Sources: Avgerinou, Bertoldi et Castellazzi, MDPI.

L'avantage comparatif dans les centres de données est évident, l'électricité étant le principal intrant dans l'industrie. Le mix de production électrique est donc déterminant. À combien s'élève cet avantage et comment le voit-on progresser dans le futur ?

L'évolution de la consommation électrique des centres de données est fulgurante depuis 2000²⁸. Le graphique 6 illustre la progression de la consommation dans diverses régions du monde.

Pendant la seule période de 2012 à 2016, le taux de croissance des centres de données a été de 6 % par année. En 2016, 41 % des centres de données étaient installés aux États-Unis. La présence géographique d'industries qui ont un grand besoin de données comme les pharmaceutiques, le gouvernement ou les centres de recherche attirent les centres de données. Selon KPMG²⁹, le Québec est bien situé sur plusieurs enjeux pour attirer l'industrie : le coût bas de l'énergie, la sécurité de l'approvisionnement énergétique et surtout le caractère renouvelable de celui-ci. Toujours selon KPMG, la région montréalaise apparaissait en deuxième position des régions métropolitaines en Amérique du Nord (derrière le nord de la Virginie) où le nombre de centres de données à installer en 2016 était le plus élevé.

28 Transition énergétique Québec, 2018.

29 KPMG, 2016.

Lorsque l'on compare le Québec aux États-Unis, le Québec génère 95 % moins d'émissions de GES liées aux activités des centres de données que son voisin du Sud.

Cette progression n'est pas en voie de s'essouffler. Sans crier à la catastrophe et parler d'une consommation qui représenterait 20 % de la production³⁰, il est clair que les centres de données qui soutiennent l'IA et les fintechs continueront d'être de gros consommateurs d'électricité. Cela place le Québec dans une position avantageuse.

Lorsque l'on compare le Québec aux États-Unis, le Québec génère 95 % moins d'émissions de GES liées aux activités des centres de données³¹ que son voisin du Sud. Comparativement à la Californie, avec qui le Québec partage un marché du carbone, on évalue à 164 000 \$ US l'avantage financier du Québec en termes de crédits de carbone accordés pour un centre de données de 85 000 kWh installé au Québec au lieu de la Californie si les coûts d'émissions de CO₂ sont comptabilisés dans l'achat d'électricité des centres de données.

Avec une progression estimée de la consommation électrique des centres de données de 6,7 % par année aux États-Unis, celle-ci serait de 269 MWh en 2030. La substitution de cette consommation américaine pour des centres de données au Québec aurait un effet sur la réduction des gaz à effet de serre mondialement.

Alors, avec des projets de ce type qui ont un impact net positif, quels sont les outils qui sont à la portée des entrepreneurs québécois ?

Investissement responsable et produits financiers

Une prise de conscience et une mobilisation collective

La conscientisation vis-à-vis l'importance de l'économie sobre en carbone et la réduction des risques qui y est associée n'échappe pas aux grands décideurs et détenteurs de capitaux³². Elle s'accompagne de la reconnaissance du rôle que peuvent et doivent jouer les intervenants du domaine de la finance pour effectuer la transition à une économie sobre en carbone.

30 *The Guardian*, 2017.

31 Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2016.

32 Stanley Morgan, AON, 2018.

Institut du Québec

Un écosystème de finance verte est à la fois un élément essentiel d'une stratégie économique sobre en carbone et un bénéficiaire de cette stratégie.

Les institutions financières mondiales, dont plusieurs québécoises, ont signalé leur appui à la lutte aux changements climatiques et à la nécessaire transition à une économie sobre en carbone en donnant leur aval à de nombreuses initiatives. D'ailleurs, « le positionnement proactif des grands détenteurs d'actifs institutionnels montréalais est reconnu par les experts »³³. En voici quelques exemples :

Une trentaine d'institutions financières, dont la plupart québécoises, ont signé une *Déclaration d'investisseurs institutionnels sur les risques financiers liés aux changements climatiques*, une initiative de Finance Montréal, la grappe financière du Québec. Les signataires s'engagent, entre autres, à « accroître notre capacité à mesurer les risques et opportunités que présentent les changements climatiques pour nos portefeuilles de placements, d'investissements ou de financements et, lorsqu'approprié, à les intégrer à nos processus décisionnels » et à « identifier et évaluer des opportunités de placement et d'investissement faibles en émissions de GES ou favorisant la transition énergétique qui satisfont nos critères et se conforment à nos politiques de placement et d'investissement et qui favorisent l'atteinte de nos objectifs de rendement ajusté pour le risque ».³⁴

- Près de 400 institutions financières, entreprises et organismes à travers le monde ont déclaré leur appui aux recommandations du Groupe de travail sur l'information financière relative aux changements climatiques du Conseil de stabilité financière (*FSB Taskforce on Climate-related Financial Disclosures*) dont la mission est de promouvoir une meilleure divulgation des risques financiers associés aux changements climatiques. Les six principales banques canadiennes, ainsi que Desjardins et la Caisse de dépôt et placement du Québec, se retrouvent parmi les signataires.

33 Deloitte, 2016.

34 Finance Montréal, 2017.

- En 2017, la Caisse de dépôt et placement du Québec a présenté sa *Stratégie d'investissement face au défi climatique*. Cette stratégie prône, entre autres, une augmentation de 50 %, soit de 18 G\$ à 26 G\$, des investissements sobres en carbone d'ici 2020, ainsi que la prise en compte du facteur climatique dans chacune des décisions d'investissement.³⁵ La Caisse veut réduire de 25 % l'intensité carbone de son portefeuille d'ici 2025.
- Plus de 2 000 investisseurs institutionnels à travers le monde dont les actifs sous gestion totalisent 82 000 G\$ US, sont aujourd'hui signataires des Principes d'investissement responsable des Nations Unies (UN PRI). Ils s'engagent ainsi à intégrer les enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) à leurs pratiques d'investissement. Parmi les 109 signataires canadiens, on retrouve un grand nombre de Québécois (37 %), lesquels se sont regroupés sous l'appellation « le Réseau PRI Québec ».

Un écosystème local bien développé

Ces initiatives illustrent à quel point les intervenants de la finance reconnaissent que les changements climatiques constituent un enjeu important qui influence le profil de risque et la prospérité des entreprises. Ces initiatives ont comme objectif de mobiliser les entreprises à faire le pas vers une économie sobre en carbone – en d'autres mots, à réaliser des projets à incidence nette positive. La mobilisation rapide de l'ensemble des intervenants du secteur de la finance nous amène aujourd'hui à parler de la finance durable comme d'une pratique de plus en plus courante. Cette évolution est significative, car l'attribution de capitaux à des projets et entreprises sobres en carbone constitue un puissant moteur de changement.

D'ailleurs, selon la récente Étude sur l'investissement responsable à Montréal commandée par Finance Montréal, « l'investissement responsable, au départ, le fait d'une minorité d'acteurs financiers engagés, est aujourd'hui une tendance lourde qui percole de plus en

35 Caisse de dépôt et placement du Québec, 2017.

plus dans les institutions financières traditionnelles (“mainstream”) »³⁶. L'écosystème de la finance durable de Montréal est particulièrement bien développé.

Si la tendance vers une mobilisation des acteurs financiers face aux changements climatiques et la transition vers une économie sobre en carbone se généralise, c'est parce que ces acteurs en voient les avantages. Ainsi, la pratique de la finance durable se manifeste à deux niveaux.

L'intégration aux décisions d'attribution de capital

L'enjeu des changements climatiques est de plus en plus pris en compte dans les décisions d'attribution de capitaux parce qu'il peut y avoir un impact sur le profil de risque, la performance financière et les perspectives d'avenir des entreprises et donc, cela peut influencer leur valorisation. Mais c'est aussi une opportunité de revenus pour celui qui sait la saisir.

Il est désormais bien établi que les changements climatiques constituent un risque pour presque toutes les entreprises, non seulement en ce qui a trait aux impacts de leurs activités sur les niveaux d'émissions de GES, mais aussi en ce qui a trait aux conséquences que peuvent avoir les changements climatiques sur leurs activités. Il pourrait s'agir de risques importants (ou « matériels »³⁷) pour les opérations et les perspectives d'affaires à moyen et long terme. Pour les entreprises, c'est désormais une question de bonne gouvernance et de bonne gestion d'en tenir compte et de mettre en place des mesures pour les gérer. Une étude réalisée en 2015 estime que la valeur à risque actualisée du stock mondial d'actifs gérables en raison des changements climatiques se situe entre 4 200 G\$ et 43 000 G\$ US³⁸. Les auteurs de cette étude précisent que l'impact des changements climatiques se traduira surtout par une croissance économique et des rendements systématiquement plus faibles.

36 Deloitte, 2016.

37 Anglicisme volontaire qui fait référence à la notion de l'importance relative d'une information fournie par une entreprise, et dont l'omission ou l'inexactitude seraient susceptibles d'influencer la décision d'un investisseur d'acheter, de vendre ou de conserver les titres de cette entreprise, tels que définis dans les règlements des autorités en valeurs mobilières.

38 *The Economist Intelligence Unit*, 2015.

Aujourd'hui, la démonstration que la saine gestion de l'enjeu des changements climatiques et de tous les enjeux-clés ESG conduit à une meilleure performance opérationnelle et financière des entreprises, n'est plus à faire.

Cependant, il est également important de considérer les changements climatiques – ou plutôt les solutions à cet enjeu – sous l'aspect des possibilités qu'ils présentent : avantages concurrentiels, nouvelles technologies et nouveaux processus et produits.

Que prennent en compte les détenteurs d'actifs dans leurs décisions d'accorder ou non des capitaux? D'une part, l'approvisionnement en énergie sobre en carbone et la commercialisation de produits sobres en carbone contribuent à atténuer les risques, notamment ceux liés à :

- Une augmentation du coût de l'énergie résultant de la hausse du prix des énergies fossiles, que ce soit en raison de la conjoncture de l'offre et de la demande ou de mesures telles qu'un prix sur le carbone;
- Une augmentation des coûts de production ou d'exploitation résultant d'un prix sur le carbone des émissions générées par l'entreprise;
- Une baisse de revenus résultant de la perte de clients qui cherchent à réduire l'empreinte carbone de leur chaîne d'approvisionnement; ou encore
- Une perte de part de marché ou une baisse du capital-réputation résultant d'une modification des habitudes des consommateurs.

D'autre part, l'approvisionnement en énergie sobre en carbone et la commercialisation de produits sobres en carbone constituent des occasions d'affaires et de croissance pour : prendre des parts de marché grâce à des prix plus concurrentiels; décrocher de nouveaux clients qui cherchent à réduire l'empreinte carbone de toute leur chaîne d'approvisionnement, et ce, à l'échelle mondiale; ou prendre des parts de marché en répondant à une demande des consommateurs pour des produits écoresponsables.

Aujourd'hui, la démonstration que la saine gestion de l'enjeu des changements climatiques et de tous les enjeux-clés ESG conduit à une meilleure performance opérationnelle et financière des entreprises, est de plus en plus discutée. Dans une analyse transversale publiée en 2015 de plus de 200 études sur les impacts financiers des pratiques de développement durable, 88 % des entreprises identifiaient une amélioration des performances opérationnelles des entreprises alors que

Institut du Québec

90 % d'entre elles identifiaient une diminution du coût de leur dette.³⁹ En d'autres mots, les entreprises qui pratiquent un développement durable font de meilleures entreprises. Ultimement, cela se manifeste par une plus grande valeur d'entreprise, ce que plusieurs études cruciales ont d'ailleurs confirmé.⁴⁰ Cette capacité d'établir un lien entre la gestion des risques et des occasions liées aux enjeux ESG comme les changements climatiques et l'impact financier sur les entreprises et, surtout, sur les rendements financiers des fournisseurs de capitaux, constitue un élément essentiel de la généralisation de la pratique de la finance durable.

L'affectation de capitaux à la transition à une économie sobre en carbone

L'ampleur de l'enjeu des changements climatiques, la responsabilité d'agir pour y faire face, la meilleure gestion des risques et l'amélioration du rendement sur les investissements favorisent un déploiement sans précédent de capitaux affectés à des projets, initiatives et entreprises qui contribuent à la transition à une économie sobre en carbone. Cela comprend autant de fonds publics que privés, et autant des prêts que de capitaux propres.

Le gouvernement du Québec, dans le cadre de la *Loi sur le développement durable* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, a créé un Fonds vert en 2006. Il dispose d'un budget de l'ordre de 1 G\$ afin de favoriser le développement durable du Québec grâce à la protection de l'environnement, la préservation de la biodiversité et la lutte contre les changements climatiques. Ce fonds est financé en partie par le produit de la vente de droits d'émission de GES dans le cadre du marché du carbone. La loi prévoit que la totalité de ce produit doit servir à financer des projets pour lutter contre les changements climatiques.⁴¹ L'annexe B présente en partie ces programmes.

39 University of Oxford, Arabesque Partners, 2015.

40 Khan, Serafeim et Yoon, 2014, Goldman Sachs, 2017, Bank of America Merrill Lynch, 2016.

41 Gouvernement du Québec, 2018.

Dans son plan d'action de développement durable 2018-2020, Investissement Québec a formulé deux objectifs organisationnels visant à réduire les GES : i) soutenir le secteur de l'électrification des transports et ii) soutenir des projets d'utilisation d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique⁴².

À l'échelle du pays, quelques-unes des grandes banques ont clairement annoncé leur appui à la transition vers une économie sobre en carbone. Ainsi, dans sa *Déclaration de principe et divulgation sur les changements climatiques* de 2017, la RBC Banque Royale stipule qu'elle tentera « de fournir plus de capitaux aux clients qui s'efforcent d'atténuer les changements climatiques et de s'y adapter, ainsi qu'à ceux qui offrent des produits et services qui habilent les autres à faire de même ».⁴³ La banque offre plusieurs produits et services aux entreprises à cette fin. De son côté, la Banque TD a annoncé en 2017 une série d'initiatives pour promouvoir une économie sobre en carbone, y compris une cible de 100 G\$ de prêts, de financement, de services de gestion d'actifs et d'autres programmes d'ici 2030. Elle a également promis une attention renouvelée à la stratégie liée aux obligations vertes, ce qui en fait un chef de file de ce créneau au Canada.

Pour sa part, Desjardins a annoncé en 2017, des pratiques concrètes afin de jouer un rôle proactif face au défi des changements climatiques en soutenant la transition énergétique. À cette fin, Desjardins prévoit investir notamment dans des projets d'énergie renouvelable et réduire l'empreinte carbone de son portefeuille investi dans les marchés. Cette institution exhorte également les entreprises avec lesquelles elle transige à se doter d'un plan rigoureux pour gérer leur empreinte carbone et les risques sur le plan des changements climatiques.

Les obligations et les prêts verts

L'un des créneaux de la finance durable qui connaît actuellement une grande effervescence est celui des obligations vertes. Selon le Climate Bonds Initiative, ce marché, quasi inexistant il y a cinq ans, totalisait près de 900 G\$ US à l'échelle mondiale en 2017 si l'on ajoute aux 221 G\$ US

42 Investissement Québec, 2018.

43 Banque Royale du Canada, 2017.

Les experts prédisent une très forte croissance des émissions d'obligations vertes au cours des années à venir, autant au Québec, qu'au Canada, qu'ailleurs dans le monde.

d'obligations vertes les 674 G\$ US d'obligations alignées sur le climat, mais non labellisées.⁴⁴ Avec des émissions de près de 4 G\$, le Canada se classe au 5e rang des pays émetteurs d'obligations non labellisées et au 10e rang des pays émetteurs d'obligations vertes proprement dites.⁴⁵

Le Québec fait bonne figure dans ce créneau, d'une part, en raison de trois émissions d'obligations vertes de 500 M\$ chacune émises par le gouvernement du Québec au cours de la période de février 2017 à juin 2018, et d'autre part, en raison de plusieurs « premières » à son nom : premier fonds canadien d'obligations vertes lancé par Alphafixe en janvier 2018 ; premier fonds d'obligations vertes destiné aux investisseurs particuliers émis par CoPower en 2017 ; premier fonds d'obligations vertes mondiales au Canada lancé par Desjardins en 2016 ; et première émission d'obligations vertes en Amérique du Nord par la Financière Banque Nationale servant à financer un partenariat public-privé en 2015.

Bien qu'aucune entreprise n'ait encore émis une obligation verte au moment d'écrire ces lignes, les fonds amassés par le biais de ce type d'émission peuvent servir à financer des entreprises. C'est le cas par exemple de la quatrième et plus récente obligation verte de 500 M\$ émise par Exportation et Développement Canada. Le produit sera consacré à des prêts consentis à des entreprises pour financer des initiatives axées sur la conservation, la protection et l'assainissement de l'air, de l'eau et du sol, la production d'énergie renouvelable et l'atténuation des changements climatiques.

L'une des clés du succès de ce marché est sa fiabilité et sa cohérence, facteurs liés, entre autres, au fait qu'il est régi par les *Principes applicables aux obligations vertes*. Il s'agit d'un ensemble de lignes directrices volontaires définies par l'Association internationale des marchés de capitaux qui contribuent à l'intégrité du marché des obligations vertes en précisant leurs modalités d'émission. Selon les spécialistes en obligations vertes chez AlphaFixe Capital⁴⁶, « la normalisation de ce marché – par le biais d'une classification officielle des projets admissibles, d'une plus grande vérifiabilité de leurs

44 Boule, *Bonds and Climate Change : The State of the Market 2017*, 2017.

45 Boule et Marcano, *Obligations et changements climatiques : édition canadienne 2017*, 2017.

46 Sénécal, 2018.

caractéristiques “vertes”, ainsi que d’une reddition de compte des investisseurs – sera bénéfique et attirera encore plus de capitaux ». En effet, les intervenants de la finance sont presque unanimes à prédire une très forte croissance des émissions d’obligations vertes au cours des années à venir, et ce, autant au Québec, qu’au Canada qu’ailleurs dans le monde. Pour atteindre les contributions déterminées au niveau national en matière d’émissions de GES des différents pays dans le cadre de l’Accord de Paris, l’objectif visé du Climate Bonds Initiative est mille G \$ US en émissions annuelles d’obligations vertes d’ici 2020.⁴⁷

À l’instar du marché des obligations vertes, celui des prêts verts semble prêt à décoller. Estimé à quelques centaines de milliards de dollars US à l’heure actuelle⁴⁸, ce marché pourrait connaître une croissance encore plus rapide que la croissance des obligations vertes au cours des années à venir. En effet, les prêts étant de taille plus petite, ils sont plus rapides à mettre en place et donc plus accessibles aux petites et moyennes entreprises. Cette croissance sera favorisée par la récente création des *Principes applicables aux prêts verts*. Ces lignes directrices volontaires élaborées par la Loan Market Association visent à favoriser le développement et l’intégrité du marché des prêts verts. Ces lignes directrices apportent la rigueur exigée par les fournisseurs de capitaux.

Le financement par prêt connaît d’autres innovations qui associent la finance et le développement durables et qui pourraient être offertes au Québec dans l’avenir. On pense, par exemple, aux prêts offerts par la Banque ING⁴⁹ dont les modalités sont liées à la performance en matière de développement durable. Ces prêts ont la particularité de servir au financement des besoins généraux des entreprises et ne sont pas limités à un projet en particulier.

Les placements de capitaux propres « verts »

Les investissements de capitaux propres, autant de sociétés cotées en Bourse que privées, sont plus rarement labellisés de « verts ». En fait, de nombreux instruments de placement liés aux changements climatiques destinés aux particuliers ont été lancés au cours des dernières années.

47 Boule, *Bonds and Climate Change: The State of the Market 2017*, 2017.

48 Bergedieck, Maheshwari et Ugaz, 2016.

49 Mess, *Sustainability Improvement Loan*.

Les entreprises qui s'approvisionnent ou commercialisent des produits sobres en carbone verront vraisemblablement avec le temps, un accès plus facile aux capitaux et une meilleure valorisation.

Toutefois, leur taille (montants investis) demeure modeste. Cela dit, la plus importante évolution du domaine de l'investissement à laquelle nous assistons actuellement est l'intégration systématique de facteurs ESG – dont les changements climatiques – dans l'analyse et la prise de décisions de placement. Outre le fait qu'elle puisse s'appliquer à tous types d'entreprises, de toutes tailles et de tous les secteurs d'activités et pour tout type de placement, cette pratique constitue un levier transformateur pour rediriger les capitaux vers les entreprises qui gèrent le mieux leurs enjeux-clés ESG et qui se développent de manière durable. Par ailleurs, de plus en plus de détenteurs d'actifs et de gestionnaires de portefeuille choisissent également d'affecter des sommes à des thématiques particulières, principalement celles de la lutte aux changements climatiques et de la transition à une économie sobre en carbone.

À titre d'exemple, en juillet 2018, Amundi a finalisé la collecte de plus de 500 M € de fonds propres d'investisseurs par le biais de sa filiale Amundi Transition Énergétique⁵⁰, fonds destinés au financement de projets de transition énergétique en France. Le plus important gestionnaire d'actif en Europe, Amundi, s'est rapidement positionné à la fine pointe de l'évolution des pratiques de finance durable. Souvent, ses innovations ouvrent la voie aux autres. Les entreprises qui s'approvisionnent en énergie sobre en carbone ou qui commercialisent des produits sobres en carbone verront vraisemblablement avec le temps, un accès plus facile aux capitaux et une meilleure valorisation.

En fait, la volonté des institutions financières québécoises d'appuyer la transition à une économie sobre en carbone grâce à l'injection de capitaux, constitue un avantage concurrentiel supplémentaire pour les entreprises du Québec, tout comme pour les entreprises étrangères qui viennent s'y installer.

Le soutien gouvernemental

La présence de plans gouvernementaux aux mesures et objectifs multiples favorise les opportunités d'encadrement et les mesures

50 Amundi Asset Management. Amundi Transition Énergétique réunit autour de la Banque européenne d'Investissement et de Crédit Agricole Assurances une quinzaine d'investisseurs institutionnels pour financer la transition énergétique, 2018.

incitatives pour les entreprises voulant développer des activités s'inscrivant dans la logique nette positive. Par exemple, le plan directeur de Transition énergétique Québec, entériné par le gouvernement, a comme objectif de donner plus d'accompagnement aux PME afin d'obtenir du financement pour ce type de projet. Il vise également à sensibiliser les entreprises à l'importance d'adopter des comportements qui favorisent la transition énergétique.

L'annexe A présente une partie de ces programmes. Au niveau fédéral, les objectifs de la Stratégie canadienne sur le développement durable s'alignent, de concert avec les provinces, sur le programme des Objectifs de développement durable (SDG) des Nations Unies : mettre l'accent sur l'énergie propre, la réduction des GES et la collaboration et la complémentarité.

Synergies et conditions déjà en place

La mise en commun des expertises.

Plusieurs des démarches déjà en cours décrites dans les exemples ci-haut peuvent bénéficier de la mise en commun des expertises, particulièrement dans les grandes régions de Montréal et de Québec. Par exemple, le bassin de main-d'œuvre hautement qualifiée en TIC, dont une partie se spécialise dans le traitement des mégadonnées, sera appelé à jouer un rôle encore plus important si les applications des hautes technologies aux secteurs financiers et manufacturiers continuaient leur expansion. C'est le cas de toute une panoplie de domaines spécialisés, comme l'expertise du jeu vidéo qui bénéficiera de l'utilisation de la réalité virtuelle en fabrication robotisée collaborative, en résolution de problèmes à distance et en aménagement de plans d'usine.

Les applications de l'intelligence artificielle dans la fabrication et la FinTech

À très court terme, les avancées technologiques dans l'industrie de la fabrication, tout comme l'expansion des solutions fintech en finance, seront étroitement liées à différentes utilisations de l'intelligence artificielle. L'agrandissement des réseaux et des projets collaboratifs

dans ces domaines, par exemple, par l'entremise de la supergrappe sur les chaînes d'approvisionnement propulsées par l'intelligence artificielle et la supergrappe sur la mobilité, pourrait permettre d'accélérer la croissance dans chacune de ces sphères. En utilisant l'électricité québécoise, ces activités pourront contribuer grandement à la décarbonisation de chaînes de valeur internationales, et ainsi à diminuer les émissions de GES sur le cycle de vie de nombreux produits.

Finalement, pour calculer l'avantage sobre en carbone du Québec et déterminer les leviers nécessaires qui permettront aux entreprises d'en profiter, il faut conserver à l'esprit que nous n'en sommes qu'aux premiers balbutiements.

Conclusions et recommandations

Dans son premier rapport, l'IdQ a mis la table en démontrant l'urgence pour les entreprises du Québec de saisir la courte fenêtre d'opportunité que présente l'économie sobre en carbone et de miser sur des projets nets positifs comme moteur de développement économique. Dans cette veine, une possible stratégie économique claire axée sur l'avantage comparatif du Québec dans une économie internationale qui prône des sources énergétiques sobres en carbone, est de mise.

Les entreprises du Québec ont de belles perspectives devant elles. En agissant rapidement, elles peuvent faire l'inventaire de leurs produits et services sobres en carbone, s'en servir comme élément différenciateur et viser des marchés extérieurs qui priorisent le sobre en carbone. Finalement, elles peuvent continuer à électrifier leur processus dans une perspective de pérennité.

Dans un objectif de diversification des exportations, le fait de miser sur les forces du Québec dans une économie sobre en carbone semble un choix judicieux. Pour ce faire, il nous semble nécessaire de développer une stratégie économique qui ferait du Québec le centre du sobre en carbone en Amérique du Nord. Cette stratégie aurait comme objectif principal de promouvoir les produits et services sobres en carbone du Québec et d'attirer des investisseurs de cet écosystème mondial.

Puisque le gouvernement a déjà amorcé un plan de transition énergétique et un plan d'action pour les technologies propres, il pourrait intégrer ceux-ci dans une feuille de route explicite sur l'utilisation des surplus électriques. Ils pourraient être dirigés vers des investissements rapportant le plus en termes de création de valeur économique et de réduction des GES au Québec et ailleurs dans le monde.

Le gouvernement pourrait également faire usage d'un autre outil : celui des vitrines technologiques. En étant le premier acheteur des produits ou services sobres en carbone au Québec, il en démontrerait la pertinence économique et par ricochet, soutiendrait l'innovation technologique. Nous reprenons ici l'idée de faire des « appels à solution », tel que présenté dans le rapport de l'IdQ sur la question⁵¹, mais cette fois-ci en exigeant des solutions sobres en carbone.

L'autre champ d'action possible est la reconnaissance du rôle des entreprises du Québec face à la réduction des émissions de GES à l'extérieur de ses frontières. Ce faisant, l'intérêt des entreprises du Québec à devenir nettes positives serait augmenté. Une stratégie spécifique de démarchage axée sur les produits et services sobres en carbone devrait également entrer en ligne de compte. Finalement, l'écosystème bien installé de la finance verte à Montréal devra être convenablement soutenu. Il faudrait encourager le développement d'un écosystème dynamique du sobre en carbone sur le territoire québécois.

Une stratégie économique basée sur le net positif devrait prendre en compte plusieurs critères. Le surplus énergétique électrique existe, mais il n'est pas infini. Son utilisation doit être stratégique et selon nous, en fonction des retombées économiques qui dépassent une utilisation traditionnelle de ceux-ci, de la réduction des empreintes carbone ici comme ailleurs et du potentiel de croissance dans les marchés d'exportation. Pour bien orienter les décisions de vente, une étude approfondie des technologies émergentes qui utiliseraient ces surplus de la façon la plus efficace s'impose. Le Québec a l'avantage de choisir : il doit bien choisir.

51 Homsy, 2017.

Institut du Québec

En résumé, voici les recommandations :

Pour les entreprises :

- Procéder à un inventaire rapide de l'avantage comparatif de leurs produits et services dans une perspective sobre en carbone ;
- S'outiller pour comprendre l'impact de leurs activités au niveau des réductions des gaz à effet de serre au Québec ainsi que l'incidence nette positive de celles-ci au-delà des frontières géographiques de la province ;
- Prioriser l'électrification des opérations et le sobre en carbone comme axes stratégiques de croissance, de pérennité et de compétitivité des entreprises, tout en reconnaissant que certains processus seront difficiles à transformer et exigeront des investissements majeurs qui auront besoin de soutien ; et
- Cibler activement les entreprises internationales dans leur marché qui auraient avantage à réduire l'empreinte de leur production.

Pour le gouvernement :

- Mettre sur pied ou accélérer une stratégie économique visant à assoir le Québec comme plaque tournante du savoir-faire sobre en carbone en Amérique du Nord et, ainsi promouvoir les entreprises québécoises et leurs produits et services auprès des chaînes de valeur et des investisseurs de l'économie sobre en carbone internationale ;
- Inscrire cette stratégie dans les politiques et mesures existantes de la transition énergétique et de l'économie verte pour en faire une stratégie économique cohérente du sobre en carbone :
 - Modifier l'encadrement réglementaire pour permettre à la Régie de l'Énergie de prendre en compte la réduction des GES dans les paramètres qui mènent à leur décision ;
 - Viser une utilisation optimale des surplus énergétique qui prend en compte les réductions de GES ;
 - Favoriser et accélérer la réalisation de vitrines technologiques pour les produits et services sobres en carbone démontrant un potentiel « net positif » à l'exportation ;
 - Prioriser les décisions d'investissement et d'approvisionnement en conséquence ;

Les marchés présentés dans le cadre de ce rapport ne représentent qu'une infime partie des possibilités économiques à la portée des entreprises du Québec si elles s'engagent à soutenir des projets nets positifs.

- Reconnaître et mettre de l'avant l'effet « net positif » des réductions de gaz à effet de serre obtenues à l'étranger grâce à l'énergie et aux produits et services québécois ;
- Actualiser l'étude du gouvernement du Québec de 2014 sur l'empreinte carbone des produits et l'étendre à d'autres secteurs afin de donner aux entreprises une base crédible et solide sur laquelle elles peuvent appuyer leurs prétentions « nettes positives »;
- Soutenir le démarchage axé sur les produits québécois sobres en carbone qui peuvent intégrer des chaînes de valeur internationales et le démarchage sur les nouveaux investissements en lien avec l'économie sobre en carbone qui peuvent être faits sur le territoire québécois ;
- Soutenir de la recherche supplémentaire pour quantifier l'avantage comparatif québécois ;
- Mettre en place des conditions visant au renforcement de l'écosystème du sobre en carbone, du capital de risque durable et du financement vert au Québec ; et
- Offrir un appui aux entreprises pour l'électrification de certains procédés industriels à la hauteur de leurs efforts.

Les marchés présentés dans le cadre de ce rapport ne représentent qu'une infime partie des possibilités économiques à la portée des entreprises du Québec si elles s'engagent à soutenir des projets nets positifs, d'autant plus que les outils pour soutenir ces projets commencent à émerger.

Le premier outil est celui des ressources financières. En effet, la prise de conscience de l'ampleur de l'enjeu et l'urgence d'agir pour lutter contre les changements climatiques ont déclenché une mobilisation sans précédent des marchés des capitaux à l'échelle mondiale. Les détenteurs de capitaux ont multiplié les déclarations d'intention et les engagements. Ils passent graduellement de la parole aux actes, d'une part, en intégrant des considérations d'approvisionnement, d'efficacité énergétique et d'empreinte carbone à leurs décisions concernant l'attribution de capitaux, et d'autre part, en affectant des capitaux à des projets, initiatives et entreprises qui font partie de la solution. Tout porte à croire que le capital destiné à financer la transition vers une économie sobre en carbone sera au rendez-vous, à l'échelle mondiale comme au

Institut du Québec

Québec. Car, c'est tout l'écosystème financier qui s'imprègne de finance durable. Par ailleurs, les entreprises qui réussiront le mieux seront celles qui sauront attirer du capital en vertu de ce nouveau paradigme. S'il en est ainsi, c'est parce qu'elles auront su adapter leur modèle d'affaires afin de participer, au moyen de technologies, produits et services innovants, au nouvel environnement économique sobre en carbone.

Évaluez cette publication et courez la chance de gagner un prix!

www.conferenceboard.ca/e-Library/abstract.aspx?did=10013

ANNEXE A

Méthodologie

Le concept du cycle de vie

L'empreinte carbone sur le cycle de vie d'un produit correspond aux émissions de GES provenant de l'ensemble des activités menant à son utilisation. La mesure de cette empreinte est un processus souvent complexe qui exige un travail élaboré pour faire les estimations requises. Depuis une vingtaine d'années, des équipes de chercheurs et praticiens se sont affairées à développer ces méthodes ainsi qu'à élaborer des bases de données pour permettre aux entreprises d'estimer cet impact. Ces données reposent sur les performances des différentes technologies et pratiques utilisées dans divers domaines d'activités industrielles. Elles permettent de mesurer l'impact écologique total de certains produits du début jusqu'à la fin de leur cycle de vie, en d'autres mots, du « berceau à la tombe » – c'est-à-dire de l'extraction des matériaux nécessaires jusqu'à leur fin de vie.

Depuis quelques années, plusieurs gouvernements instaurent des mesures pour uniformiser ces méthodes et encourager l'utilisation de ce type d'analyse afin de réduire l'empreinte carbone de diverses activités. Le gouvernement du Québec, par exemple, a fait appel au Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) pour effectuer des analyses cycle de vie de certains produits-clés de l'économie québécoise et élaborer une base de données pour des analyses futures. Au sud de la frontière, l'Agence de protection environnementale américaine utilise l'ACV dans l'élaboration de normes sur les carburants renouvelables, tout comme la Californie.

D'autres pays comme l'Allemagne et la Suède vont plus loin en permettant l'utilisation de ces analyses dans les critères d'évaluation des appels d'offres pour différents projets d'approvisionnement et d'infrastructure.

Malgré le caractère volontaire de la plupart de ces mesures à l'heure actuelle, les initiatives de l'Union européenne en ce sens semblent confirmer l'intérêt pour ces considérations. Ainsi, le cadre du Product Environmental Footprint (PEF) en Europe fournit un guide méthodologique pour évaluer les empreintes environnementales de produits avec pour but d'encadrer et de normaliser ces évaluations. Les pays membres travaillent actuellement à définir ce cadre à l'intérieur de leurs compétences respectives. Étant donné la taille du marché européen, d'autres pays ont commencé à aligner leurs propres pratiques pour se conformer aux exigences européennes.

La mesure de l'empreinte carbone sur le cycle de vie des produits comporte une importante composante énergétique, puisque celle-ci représente la majorité des émissions de GES. Au Québec, les produits fabriqués possèdent souvent un avantage quant à leur empreinte carbone, puisque la consommation d'électricité sur leur cycle de vie se fait sans dégager d'émissions de GES. Les entreprises fabriquant ces produits, tout comme celles qui les utilisent comme intrant dans leurs propres chaînes (l'aluminium, par exemple), peuvent ainsi avoir un impact carbone moindre. La tendance observée vers une utilisation accrue des méthodes d'évaluation de l'empreinte carbone représente ainsi un argument de poids pour la production en sol québécois.

Autres considérations méthodologiques

Le modèle de l'avantage comparatif quantifié repose sur une comparaison du coût de production au Québec (en considérant les coûts d'électricité) et du coût de production dans les autres pays et régions. Les données proviennent de diverses sources. La projection future est basée sur la projection de la demande ou une extrapolation à partir de taux de croissance historique. Plusieurs hypothèses de substitution sont présentées (pourcentage de substitution entre une production lourde en carbone et une production faible en carbone).

D'autre part, plusieurs prémisses sont aussi à prendre en considération :

1. Le maintien du système de tarification
2. L'absence de récession
3. La facilité de substitution, technique comme géographique
4. La possibilité quasi infinie de l'offre
5. Le maintien des technologies actuelles
6. L'accès infini à l'énergie renouvelable au prix actuel

Évidemment, l'analyse quantitative mentionnée ne constitue pas une prévision en soi. Il s'agit de démontrer qu'il existe un avantage net positif au Québec pour certaines industries.

La méthodologie utilisée dans le cadre de ce rapport comporte plusieurs composantes. D'abord, la majeure partie du rapport consiste en une revue de littérature qui privilégie les sources institutionnelles comme les agences gouvernementales nationales et internationales, les ONG, les associations corporatives, les firmes d'experts-conseils, ainsi que des quotidiens reconnus. L'utilisation de ces sources a permis une cueillette de données secondaires la plus actuelle possible, essentielle à la discussion présentée dans ce document.

Pour ce qui est du choix des cas d'étude, ils ont été choisis de façon à maximiser le potentiel d'information comparative. Tel que précisé au début de la section sur ces cas, les industries analysées diffèrent ainsi quant à leur maturité, type d'activités, l'importance de la consommation d'énergie dans leur bilan carbone, le secteur dans lequel ils opèrent, leur emplacement géographique dominant dans le contexte québécois (en zone urbaine ou plus éloignée) et la taille d'entreprises typiques. Cette variété permet ainsi de bien situer chaque exemple par rapport à la réflexion faite dans ce volet, et de tirer des conclusions plus riches. La conclusion et les recommandations à la fin de ce rapport reflètent ce résultat.

L'aluminium

Les données proviennent pour la plupart de l'International Aluminium Institute¹ et concernent l'aluminium primaire. Les données sur le cycle

1 International Aluminium Institute.

de vie proviennent du MESI². Les données sur la demande proviennent de la Banque Scotia et ont été compilées à partir d'une analyse de Bloomberg³. Les données sont en dollars américains avec le taux de change au 1er juin 2018. La tCO₂ pour la production électrique avec charbon vient de la moyenne des prix présentés dans le rapport de l'International Aluminium Institute⁴. Le prix du CO₂ vient de cet article, soit 7,50 \$.⁵

La comparaison est faite avec la Chine, principal concurrent au niveau de la production d'aluminium primaire. Pour les projections de substitution, nous avons présumé une demande au neutre, comme le prévoit la Banque Scotia et un déplacement de 5 %, 10 %, 15 % et 20 % de la production chinoise vers d'autres pays et régions. Ce déplacement est attribué en fonction des parts de marché de 2017. Ainsi, le chiffre nord-américain est basé sur une part de marché de 6,2 %. C'est donc, par exemple, 6,2 % de 5 % de la production chinoise qui est attribué au producteur nord-américain. Cette substitution ne prend pas en compte le caractère plus « désirable » de la production nord-américaine par rapport, par exemple, à la production du Moyen-Orient.

Les centres de données

Pour déterminer la demande en kWh pour un gros centre de données, nous avons fait la moyenne de consommation des kWh des dix plus grands centres de données au monde⁶, soit 85 000 kWh. Le prix du carbone est celui annoncé à l'enchère d'août 2018 au sein du SPEDE Californie-Québec en US \$ (11,01 \$). La proportion du mix de production électrique non renouvelable (38 %) provient de l'agence énergétique californienne⁷. Le gaz naturel constitue une grande partie du mix de production. L'Ontario estime⁸ que chaque kWh produit grâce au gaz naturel produit 525 g de CO₂ par kWh. C'est ce coefficient qui est

2 Ministère de l'Économie, Science et Innovation. *L'avantage carbone québécois : le cas de l'aluminium primaire*.

3 Scotiabank, *Metals Market Outlook*, 2018.

4 World Aluminium Organization, 2018.

5 Rathi et Huang, « The Complete Guide to the World's Largest Carbon Market that just Launched in China ».

6 World's Top Data Centers, <http://worldstopdatacenters.com/power/>.

7 California Energy Commission, 2017.

8 Intrinsic, Oct. 2016.

utilisé pour 38 % des kWh utilisés. Le résultat est multiplié par le coût du carbone pour 38 % des kWh utilisés multipliés par 24 heures puis 365 jours.

Les projections de consommation viennent d'Avgerinou, Bertoldi et Castellazzi⁹. La demande globale projetée est basée sur la croissance moyenne entre les observations d'une même région. Donc 6,7 % par année en TWh installée au cours de la période de 2013 à 2030.

9 Avgerinou, Bertoldi et Castellazzi, *Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency*.

ANNEXE B

Les programmes gouvernementaux favorisant la transition énergétique

La liste suivante ne se veut pas exhaustive, mais présente une partie des programmes disponibles pour les entreprises par le biais de Transition énergétique Québec. Ils sont financés par le Fonds vert et les distributeurs d'énergie¹.

Programme Écoperformance :

- Vise à favoriser les projets d'efficacité et de conversion énergétique
- Soutien : jusqu'à 10 M\$ par année

Biomasse forestière résiduelle :

- Vise la conversion énergétique à la biomasse forestière
- Soutien : jusqu'à 3 M\$ par année

Remise au point des systèmes mécaniques des bâtiments

- Vise, entre autres, à optimiser les systèmes de chauffage

Technoclimat

- Vise à soutenir l'innovation technologique en termes d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable et de réduction des émissions de GES (etc.)
- Soutien : jusqu'à 5 M\$ par projet

¹ Transition énergétique Québec, *Fiche diagnostic/enjeux industrie*, 2018.

ANNEXE C

Bibliographie

Accenture. *Global Fintech Investment Growth Continues in 2016 Driven by Europe and Asia, Accenture Study Finds*, Londres: Accenture, 2016.

Agence internationale pour les énergies renouvelables. *Economics of Energy Transition, 2017*, récupéré sur http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Economics_infographic_2017.pdf.

AluQuébec. *Portrait de l'industrie, 2018*, récupéré sur AluQuébec : <http://www.aluquebec.com/fr/grappe-aluminium/portrait-industrie>.

Amundi Transition Énergétique. « Amundi Transition Énergétique réunit autour de la Banque européenne d'Investissement et de Crédit Agricole Assurances une quinzaine d'investisseurs institutionnels pour financer la Transition Énergétique », 3 juillet 2018, https://www.amundi.fr/fr_instit/Common-Content/Instit/Actualites/2018/06/Amundi-Transition-Energetique.

Akshat Rathi et Echo Huang. « The Complete Guide to the World's Largest Carbon Market that just Launched in China », *Quartz*, 2017, <https://qz.com/1159667/china-is-launching-the-worlds-largest-carbon-market/>.

AON. *Global Perspectives on Responsible Investing, 2018*.

Atkinson, Rachel et D. Chu, J.-G. Côté, R. Gagné, D. Goldfarb, M. Homsy, S. Sui, A. Van Assche. *L'AECEG avec l'Europe : évaluation des retombées pour le Québec*, Montréal : Institut du Québec, 2016.

Avgerinou, Maria, Paolo Bertoldi et Luca Castellazzi. « Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency », *MDPI*.

Bank of America Merrill Lynch. *Equity Strategy Focus Point : ESG : Good Companies can Make Good Stocks, 2016*.

Banque Royale du Canada. *Déclaration de principe et divulgation sur les changements climatiques : 2017*, récupéré sur http://www.rbc.com/collectivites-durabilite/_assets-custom/pdf/RBC_ClimateChange_Position_Disclosure_Statement_2017_fr.pdf.

Bergedieck, L., A. Maheshwari et F. A. Ugaz. *Green Finance : A Bottom-Up Approach to Track Existing Flows*, International Finance Corporation, 2016.

Boulle, B. *Bonds and Climate Change : The State of the Market 2017*, Climate Bonds Initiative, en association avec HBSC Climate Change Centre of Excellence, 2017.

Boulle, B., et M. Marcano. *Obligations et changements climatiques : édition canadienne 2017*, Climate Bonds Initiative et l'Institut pour l'IntelliProspérité, 2017.

Caisse de dépôt et placement du Québec. *Notre stratégie d'investissement face au défi climatique, 2017*, récupéré sur https://www.cdpq.com/sites/default/files/medias/pdf/fr/strategie_investissement_defi_climatique.pdf.

California Energy Commission. 2017, http://www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/total_system_power.html.

Carbon Credit Capital. *A Survey on Eco-Consumerism Preference*, Carbon Credit Capital, 2016.

Carney, M. «Breaking the Tragedy of the Horizon—Climate Change and Financial Stability», *Lloyd's City Dinner*, Londres, 2015.

Commission globale sur l'économie et le climat. *Unlocking the Inclusive Growth Story of the 21 st Century : Accelerating Climate Action in Urgent Times*, septembre 2018.

CDP, Carbon Trust and BSR. *Missing Link: Harnessing the Power of Purchasing for a Sustainable Future*, CDP, Carbon Trust and BSR, 2017.

Climate Bonds Initiative et Smart Prosperity Institute. *Bonds and Climate Change : Canada Report*, Climate Bonds Initiative et Smart Prosperity Institute, 2017.

Commission sur l'écofiscalité du Canada. *Climat et énergie*, 2018, récupéré sur <https://ecofiscal.ca/fr/climat-et-energie/>.

Le Conference Board du Canada. *Canadian Outlook Long-term Economic Forecast*. Ottawa : Le Conference Board du Canada, 2018.

Le Conference Board du Canada. *Metropolitan Outlook 1: Economic Insights Into 13 Canadian Metropolitan Economies*, Ottawa : Le Conference Board du Canada, 2018.

CRIQ. *Pour un secteur manufacturier innovateur, productif et compétitif : Mémoire présenté à Développement économique Montréal*, Centre de recherche industrielle du Québec, 2016.

CROP. *44% of Canadians are Socially Responsible Consumers—an Opportunity to Develop an Economic Ecosystem with an Ecological and Social Impact*, le 7 mars 2017, récupéré sur CROP : <https://www.crop.ca/en/blog/2017/190/>.

Deloitte. *Étude sur l'investissement responsable à Montréal*, Montréal : Deloitte, 2016.

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. *L'avantage carbone québécois : le cas de l'aluminium primaire*, Québec : gouvernement du Québec, <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/environnement/empreinte-carbone-des-produits/lavantage-carbone-quebecois-le-cas-de-laluminium-primaire/>.

EIA. *International Energy Outlook*, Washington, D.C. : Energy Information Administration, 2017.

EY. *Accelerating Development in Montreal's FinTech Ecosystem: Findings and Recommendations*, Montréal : Ernst & Young, 2017.

Finance Montréal. *Déclaration d'investisseurs institutionnels sur les risques financiers liés aux changements climatiques*, 2017, récupéré sur <https://www.finance-montreal.com/wp-content/uploads/2017/12/FM-Declaration-V2-FR.pdf>.

Goldman Sachs. *The PM's guide to the ESG Revolution*, 2017.

Gouvernement du Québec. *Budget 2018-2019 : Changements climatiques : des actions pour la réduction des GES, 2018*, récupéré sur http://www.budget.finances.gouv.qc.ca/budget/2018-2019/fr/documents/ChangementsClimatiques_1819.pdf.

Grand View Research. *Lithium-Ion Battery Market Worth \$93.1 Billion By 2025, Communiqué de presse*, <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-lithium-ion-battery-market>, 2017.

Groupe de travail sur la main-d'œuvre. *La transition énergétique et la main-d'œuvre québécoise : Promouvoir des transformations durables sur le plan écologique et social dans les secteurs du transport, du bâtiment et de l'énergie*, Groupe de travail sur l'économie verte et l'économie sociale, 2018.

Hobson, P. *Hydro-Powered Smelters Charge Premium Prices for 'Green' Aluminium*, 2017. Récupéré sur Reuters Londres : <https://www.reuters.com/article/us-aluminium-sales-environment/hydro-powered-smelters-charge-premium-prices-for-green-aluminum-idUSKBN1A11CF>.

Homsy, Mia. *Moderniser l'État : nouveaux instruments pour le développement du Québec*, Montréal, Institut du Québec, 2017.

IEA. *World Energy Outlook*, Paris : International Energy Agency, (2017a).

IEA. *CO₂ Emissions from Fuel Combustion : Overview*, Paris: International Energy Agency, (2017 b).

International Aluminium Institute. <http://www.world-aluminium.org/>.

Intrinsik. *Greenhouse Gas Emissions Associated with Various Methods of Power Generation in Ontario*, oct. 2016, https://www.opg.com/darlington-refurbishment/Documents/IntrinsikReport_GHG_OntarioPower.pdf.

Institut de la Statistique du Québec. *Enquête québécoise sur l'industrie de l'environnement 2011*, rapport d'enquête, gouvernement du Québec, 2013.

Investissement Québec. *Plan d'action de développement durable 2018-2020*, 2018, récupéré sur http://www.investquebec.com/documents/qc/DeveloppementDurable/PlanDeveloppementDurable_2018-2020.pdf.

Khan, M., G. Serafeim et A. Yoon. « Corporate Sustainability : First Evidence on Materiality », *The Accounting Review*, p. 1697-1724, 2014.

KPMG. *Analyse économique des centres de données*, rapport présenté à la direction du développement des affaires d'Hydro-Québec, 2017, <http://www.hydroquebec.com/data/centre-donnees/pdf/hq-centres-de-donnees-kpmg.pdf>.

KPMG. *Situation et perspectives de certains secteurs d'activités économiques à forte consommation électrique*, rapport produit pour Hydro-Québec Distribution, décembre 2016.

Lifschutz, Marisa. *Sustainable Building Material Manufacturing in the US*, IBISWorld, Industry report NN005, avril 2018.

Marketline. *Electric Vehicles, a Deep Dive into the Technology that is the Future of the Auto Industry*, avril 2018.

MEIE. *L'avenir prend forme : Stratégie québécoise de développement de l'aluminium 2015-2025*, Québec : Gouvernement du Québec : ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2015.

MESI. *Plan d'action de développement durable : Créer de la valeur pour tous*, Québec : ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2016.

Mess, R. (s.d.). *Sustainability Improvement Loan*, ING, récupéré sur <https://www.ingwb.com/products-services/finance-your-business/sustainable-finance/sustainability-improvement-loan>.

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. *Le Secteur*, le 31 juillet 2018, récupéré sur L'Empreinte carbone de l'industrie primaire de l'aluminium, Québec : gouvernement du Québec, <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/environnement/empreinte-carbone-des-produits/lavantage-carbone-quebecois-le-cas-de-laluminium-primaire/>.

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. *L'avantage carbone québécois : le cas de l'aluminium primaire*, Québec : gouvernement du Québec, <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/environnement/empreinte-carbone-des-produits/lavantage-carbone-quebecois-le-cas-de-laluminium-primaire/>

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. *Le Secteur*, récupéré sur L'Empreinte carbone des centres de données, juillet 2018, <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/environnement/empreinte-carbone-des-produits/lavantage-carbone-quebecois-le-cas-des-centres-de-donnees/>.

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation Québec. *Aluminium : présentation de l'industrie*, le 30 juin 2018, récupéré sur https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/par-secteur-dactivite/metallurgie/aluminium/page/le-secteur-19764/?no_cache=1&tx_igaffichagepages_pi1%5Bmode%5D=single&tx_igaffichagepages_pi1%5BbackPid%5D=19755&tx_igaffichagepages_pi1%5BcurrentCat%5D=&c.

Montréal. *Profil sectoriel : Ensemble des secteurs d'industrie*, Montréal : Montréal en statistiques, 2017.

Montréal International. *Le Grand Montréal : Plaque tournante de l'intelligence artificielle*, Montréal : Montréal International, 2017.

Montréal International. « Le grand Montréal décroche la reconnaissance mondiale de Communauté intelligente de l'année du Intelligent Community Forum », communiqué de presse, le 17 juin 2016, <http://www.montrealinternational.com/a-propos/salle-de-presse/le-grand-montreal-decroche-la-reconnaissance-mondiale-communaute-intelligente-de-lannee-du-intelligent-community-forum/>.

Morgan, Stanley. *Sustainable Signals. Assets Owners Embrace Sustainability*, 2018.

NEB. *Canada's Energy Future 2017*, National Energy Board, 2017.

Parker, Philip M. *The 2018-2023 World Outlook for Low Carbon Advanced Functional Materials*, INSEAD, 2018.

Pineau, P.-O., et S. Langlois-Bertrand. *Équivalence du système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de GES au Québec (SPEDE) avec les exigences du fédéral en termes de tarification du carbone*, Montréal : Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations, 2018.

Pineau, P.-O., et Whitmore, J. *L'État de l'énergie au Québec 2018*, Montréal : Chaire de gestion du secteur de l'énergie de HEC Montréal, 2018.

Sénécal, S. Entretien téléphonique, Propos recueillis par M.-J. Privyk, le 3 juillet 2018.

Scotiabank. *Metals Market Outlook—2Q2018 Update, Global Economics/ Commodity Note*, 2018, https://www.scotiabank.com/content/dam/scotiabank/sub-brands/scotiabank-economics/english/documents/metals_mkt_outlook_2Q2018_update.pdf.

Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. *Le prix à payer : répercussions économiques du changement climatique pour le Canada*, 2011.

The Economist Intelligence Unit. «The Cost of Inaction: Recognising the Value at Risk from Climate Change», *The Economist*, 2015.

The Guardian. «'Tsunami of Data' could Consume one Fifth of Global Electricity by 2025», 2017, *The Guardian*, récupéré sur <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/11/tsunami-of-data-could-consume-fifth-global-electricity-by-2025>.

Transition énergétique Québec. *Plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétique du Québec 2018-2023*, Québec : gouvernement du Québec, 2018.

Transition énergétique Québec. [s.d.]. *Fiche diagnostic/enjeux industrie*, Québec : gouvernement du Québec, récupéré sur <http://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/consultation/Fiche-diagnostic-Consultation-TEQ-Industrie.pdf>.

Unilever. *Report Shows a Third of Consumers Prefer Sustainable Brands*, le 5 janvier 2017, récupéré sur <https://www.unilever.com/news/press-releases/2017/report-shows-a-third-of-consumers-prefer-sustainable-brands.html>.

University of Oxford, Arabesque Partners. *From the Stockholder to the Stakeholder: How Sustainability can Drive Financial Outperformance*, 2015.

World Aluminium Organization. 2018, <http://www.world-aluminium.org/>.

World Bank. *Carbon Pricing Dashboard*, le 15 juin 2018, récupéré sur <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>.

World's Top Data Centers. <http://worldstopdatacenters.com/power/>.



3000, chemin de la Côte-Sainte-Catherine
3^e étage, bur. 3.450
Montréal (Québec) H3T 2A7
Tél. : 514-340-7101

institutduquebec.ca



Un partenariat entre



Le Conference Board
du Canada

HEC MONTRÉAL