

2022

Changements climatiques



**Baromètre
de l'innovation**
du Québec

cirodd 

**Conseil de
l'innovation
du Québec**

Table des matières

3 Les auteurs

4 Table des acronymes

5 Les changements climatiques, un enjeu planétaire

7 Enjeux méthodologiques liés à la sélection des indicateurs

8 Les indicateurs d'innovation durable sur les changements climatiques

12 Adaptation et résilience

13 Technologies propres

15 Énergie et mobilité durable

16 Conclusion

17 Annexe A

Les auteurs

Rapport préparé sous la direction de :

- MOHAMED CHERIET, Directeur général du CIRODD
-

Collaborateurs pour la rédaction du rapport :

- HASSANA ELZEIN, Chargée de projets, CIRODD
 - PHILIPPE GENOIS-LEFRANÇOIS, Assistant de recherche, CIRODD
-

Contributeurs :

Ouranos

Table des acronymes

CC	Table de Changements climatiques des acronymes
CIRODD	Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ID	Innovation durable
PIB	Produit intérieur brut
TIC	Technologies de l'information et des communications
VÉ	Véhicule électrique
IA	Intelligence artificielle

1. Les changements climatiques, un enjeu planétaire

En novembre 2021, la 26^e Conférence des parties sur les changements climatiques (COP26), tenue à Glasgow, a constitué la plus récente occasion d'envoyer un signal fort à l'ensemble des sociétés occidentales sur l'urgence de déployer des stratégies pour aborder de face l'enjeu du réchauffement climatique. Dans l'optique de limiter la hausse de la température planétaire à 1,5 degré Celsius d'ici 2030 par rapport aux niveaux préindustriels, le Pacte de Glasgow en appelle à réduire l'utilisation du charbon et à éliminer les subventions «inefficaces» aux énergies fossiles (UN, 2021). Malgré cette avancée sur les plans politique et diplomatique, il est nécessaire d'accélérer les efforts de lutte aux changements climatiques (CC) au sein des différents secteurs et échelles de nos sociétés.

En effet, le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), publié en date du 28 février 2022, souligne l'insuffisance des actions actuellement déployées (IPCC, 2022). Celle-ci s'expliquant notamment par un manque de financement, d'engagement politique fort, d'informations et de sentiment d'urgence. Le groupe d'expert.e.s insiste sur la nécessité d'implanter des initiatives fortes, rapides et durables afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et atteindre la carboneutralité le plus rapidement possible.

Le Québec ne fait pas exception à cet impératif. La province entend d'ailleurs s'engager à la carboneutralité d'ici 2050 (ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022). Pour faire face à ce défi d'envergure, la science et l'innovation doivent jouer un rôle crucial afin de favoriser l'émergence

de nouveaux processus, services ou technologies susceptibles de réduire les impacts des activités anthropiques sur l'environnement. Parmi les trajectoires stratégiques s'inscrivant dans ce contexte, il importe de considérer celle des innovations dites «durables» (ID) (Genois-Lefrançois et al., 2022).

Dans son «[Livre blanc sur l'innovation durable](#)», publié en 2021, le Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD) définit l'innovation durable comme

« un nouveau service; produit; ou processus, issu de la collaboration entre différents acteur.rice.s, qui contribue à opérer une transformation socioécologique visant à rendre la société compatible avec les limites planétaires et à assurer le bien-être humain et la résilience sociétale »

(Genois-Lefrançois et al., 2021). Ce type d'innovation implique également une forte mobilisation des acteur.rice.s de la recherche et du terrain pour développer et consolider des solutions aux enjeux complexes liés aux changements climatiques.

L'urgence climatique représente une fenêtre d'opportunité pour la société québécoise de placer la science, mais plus précisément, l'innovation durable, au cœur de sa démarche de développement d'une économie prospère, verte et responsable.

Ainsi, l'intégration d'une dimension relative à la lutte aux changements climatiques au sein de la démarche du **Baromètre de l'innovation du Québec** est tout à fait cohérente avec la volonté de la province d'évaluer et d'appuyer les créneaux d'innovation stratégique consacrés au développement durable et à l'électrification (gouvernement du Québec, 2020).

La démarche du Baromètre s'arrime directement avec l'objectif de carboneutralité du Québec. Il a donc été décidé de focaliser les efforts sur les changements climatiques et la diminution de l'émission de GES pour la province. Selon l'édition 2022 de « L'État de l'énergie au Québec », publiée par la Chaire de gestion du secteur de l'énergie de HEC Montréal, les plus grandes sources de GES sont les transports (44 %); l'industrie (15 %); le bâtiment résidentiel et commercial (10 %) et l'agriculture (10 %) (Whitmore et Pineau, 2022). Afin de brosser un portrait de l'écosystème d'innovation durable axée sur la lutte aux changements climatiques, il a été décidé de prioriser quatre dimensions thématiques considérées comme transversales: **1. le numérique durable; 2. les approches d'adaptation et de résilience; 3. les technologies propres; et 4. l'énergie et la mobilité durable.**

Cette catégorisation est orientée par l'expertise du CIRODD et vise à effectuer un portrait le plus inclusif possible des différents créneaux d'innovation œuvrant à limiter l'empreinte carbone de la province. Considérant le caractère itératif et évolutif de la démarche du Baromètre de l'innovation du Québec, cette catégorisation est portée à être enrichie au fil des rétroactions d'expert.e.s et d'acteur.rice.s du terrain ainsi que de l'apport de nouvelles données et informations provenant des recherches de pointe dans le secteur. Il est en effet essentiel, dans la démarche du Baromètre, de déployer une stratégie qui couvrira à terme l'ensemble des émissions de GES du Québec, incluant ainsi les autres sources non appréhendées dans la présente version du Baromètre. L'évolution de l'outil au fil des prochains mois et années représentera aussi l'occasion d'y intégrer d'autres variables environnementales tout aussi cruciaux pour la transition socioécologique du Québec que les changements climatiques. Pensons ici notamment à l'extraction de ressources, la biodiversité, ou encore les cycles de l'azote et du phosphore.

2. Enjeux méthodologiques liés à la sélection des indicateurs

UNE SÉLECTION DE THÉMATIQUES INFLUENCÉE PAR LE RÉSEAU ET L'EXPERTISE DU CIRODD

La démarche de mise en œuvre du Baromètre de l'innovation du Québec implique la mobilisation de nombreux partenaires externes en provenance des domaines de la recherche et du terrain. C'est le CIRODD qui a été mandaté pour prendre en charge la thématique de la lutte aux changements climatiques. De son côté, le CIRODD a profité de son importante communauté de recherche et de pratique pour s'appuyer sur des avis d'expert.e.s provenant de diverses organisations afin de s'aligner sur les différentes dimensions de l'innovation durable liées aux changements climatiques. Parmi ces collaborateurs, citons notamment Ouranos, Écotech Québec et Numana. Ainsi, la sélection même des quatre dimensions de la lutte aux changements climatiques (numérique durable, approches d'adaptation et de résilience, technologies propres, énergie et mobilité durable) est teintée par le réseau d'expertises du CIRODD. Dans cette optique, la nature contributive et évolutive du Baromètre de l'innovation permettra de limiter ce biais en favorisant un perfectionnement de ces dimensions. La thématique des changements climatiques sera ainsi également portée à être enrichie par de nouvelles dimensions complémentaires, ceci dans l'optique de s'approcher d'un portrait exhaustif de la vitalité de l'écosystème québécois d'innovation.

DISPONIBILITÉ DES DONNÉES

Le Baromètre de l'innovation comprend trois objectifs principaux : mesurer la performance et l'impact de l'écosystème québécois de l'innovation ; suivre l'évolution de ces paramètres ; et permettre cette analyse et des comparaisons par filière et par région. Or, le domaine de l'innovation durable appliquée aux changements climatiques est, dans certaines dimensions et secteurs d'activités, encore peu développés. Ainsi, plusieurs initiatives ou secteurs innovants n'ont pas encore fait l'objet de recherches évaluatives approfondies permettant la génération de jeux de données qui soutiendraient des activités de suivi. Il y a donc non seulement un enjeu d'accès aux données, mais d'existence même de celles-ci.

Afin d'assurer une mesure et un suivi de l'innovation, il est nécessaire de présenter des indicateurs qui soient actuellement renseignés au sein de bases de données. Or, dans l'optique d'orienter les politiques publiques et les démarches de R&D, il paraît aussi pertinent de proposer des indicateurs puissants en termes d'innovation, mais n'étant pas mesurés et intégrés au sein de bases de données actuelles. Pour pallier cette problématique, nous présenterons dans les lignes suivantes deux catégories d'indicateurs (lorsque jugé pertinent) : les indicateurs existants et mesurables ; ainsi que les indicateurs devant éventuellement faire l'objet de recherches approfondies et n'ayant pas de donnée disponible.

3. Les indicateurs d'innovation durable sur les changements climatiques

NUMÉRIQUE DURABLE

Le secteur des technologies numériques¹ connaît une véritable expansion qui s'est accélérée au cours des dernières années à travers le globe. Cette croissance s'incarne notamment par une augmentation exponentielle de la génération de données; le déploiement de nouveaux algorithmes d'infonuagique et d'intelligence artificielle; l'omniprésence des médias sociaux; ainsi que la substitution rapide d'équipements numériques. À titre d'exemple, mentionnons que la masse totale des équipements numériques atteignait en 2019 un total de 223 millions de tonnes (Bordage, 2020). La même année, les objets connectés se comptaient à 19 milliards et devraient atteindre 48 milliards en 2025 (Bordage, 2020). On observe donc actuellement une multiplication des outils numériques ainsi qu'une explosion des usages.

L'ubiquité croissante des technologies numériques au sein de nos sociétés nous impose de revisiter ses applications et d'en optimiser les infrastructures pour en faire un levier du développement durable. En effet, étant transversal aux différentes sphères d'activités économiques, le secteur du numérique peut être appréhendé comme une arme à double tranchant au niveau environnemental. Il est en effet responsable d'une part croissante des émissions de GES mondiales, lui qui s'élève actuellement entre 2,1 et 3,9% (Freitag et al., 2021). Son empreinte, semblable à celle de l'aéronautique, est donc non-négligeable. Or, les technologies de l'information et de la communication (TIC) présentent aussi un fort potentiel de réduction des GES et constituent un pilier puissant pour l'atteinte de nombreux ODD. En effet, le déploiement massif

d'un secteur numérique responsable et durable pourrait éliminer 20 % à 25 % des GES planétaires.

Afin de permettre au Québec d'accélérer son virage numérique dans une perspective de transition socioécologique, il est essentiel de mobiliser des indicateurs qui illustrent la diversité des enjeux liés à l'innovation numérique durable. Il est en effet nécessaire d'évaluer les composantes touchant aux dimensions environnementale, économique et sociale du numérique. Par exemple, comme le soulignent les travaux du CIRANO pour la thématique «Emploi et capital humain», les compétences numériques des travailleur.euse.s sont cruciales dans la capacité d'innovation durable et de productivité des organisations. Dans le cadre de cette première version du Baromètre, nous avons concentré nos efforts sur trois catégories d'indicateurs: dématérialisation; optimisation des infrastructures; et appropriation du numérique. Notons ici qu'un des indicateurs de dématérialisation comprend des jeux de données existants, alors que les indicateurs liés à l'optimisation des infrastructures et à l'appropriation du numérique ne comprennent actuellement pas de données disponibles.

CATÉGORIE D'INDICATEURS 1 : DÉMATÉRIALISATION DU NUMÉRIQUE

La dématérialisation fait ici référence à la réduction de la mobilisation de ressources matérielles (métaux, terres rares, câblage) au sein du secteur du numérique sans toutefois en compromettre la performance et l'efficacité (Barles, 2014). Ce concept renvoie à la notion du découplage relatif ou absolu entre le développement et l'extraction/utilisation de ressources naturelles.

Cette dématérialisation implique la mise en place de stratégies innovantes de circularité et d'allongement de la durée de vie pour réduire le besoin de ressources vierges, mais également pour limiter la production de déchets ultimes vers les puits naturels. Mentionnons ici, par ailleurs, les rapprochements naturels entre les initiatives d'économie circulaire et d'économie sociale, thématique abordée dans le billet « Innovation sociale » piloté par Humanov.is. Cette première catégorie d'indicateurs focalise sur la dimension matérielle du numérique. L'énergie et l'émission de GES y sont abordées à travers les flux indirects qui sont inhérents aux activités d'extraction et d'exploitation du numérique. Les flux énergétiques directs et l'émission de GES sont davantage abordés de front dans la seconde catégorie d'indicateurs : Optimisation des infrastructures.

Indicateur 1 : Circularité des résidus des équipements électriques et électroniques

La circularité des résidus d'équipements électriques et électroniques renvoie à la mise en place et à l'adoption de processus et technologies innovants permettant la réintroduction des produits et matériaux au sein du système socio-économique par le biais du réemploi et du recyclage. Selon le Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire (CERIEC), l'économie circulaire est un modèle économique qui vise à découpler la croissance économique de l'épuisement des ressources naturelles et des impacts sur l'environnement par la reconfiguration de nos modes de production-consommation ainsi que par l'optimisation des ressources circulant déjà dans la société (Québec Circulaire, 2022). En termes d'innovation, la mise en place de démarches circulaires pour les résidus électroniques implique le déploiement de nouveaux processus, services et technologies se positionnant en rupture avec la tendance linéaire dominante de l'évolution technologique basée

sur des phénomènes d'accumulation; de diversification; de substitution; et de complexification (Lefèvre et al., à paraître). La circularité du numérique implique une réduction de la mobilisation des ressources matérielles et énergétiques tout au long du cycle de vie des équipements. Ainsi, en rendant les chaînes de valeur du numérique circulaires, on prend en compte le contenu énergétique et l'impact environnemental associés aux différentes phases d'extraction, de fabrication, d'utilisation et de fin de vie. Ne pas parvenir à recycler les déchets électroniques signifie également que les matériaux précieux contenus dans les produits technologiques ne peuvent pas être réutilisés. Cela signifie que davantage de matières premières primaires doivent être extraites et raffinées, ce qui entraîne une augmentation des émissions de gaz à effet de serre.



DONNÉES REQUISES

Masse totale (en tonnes) de déchets recueillis pour le réemploi et le recyclage. Selon le type et la source.

BASES DE DONNÉES NÉCESSAIRES ET SOURCES POTENTIELLES DE DONNÉES

Statistique Canada. Tableau : 38-10-0138-01. Matières résiduelles récupérées, selon le type et selon la source.

Indicateur 2 : Durée de vie des équipements électriques et électroniques (données non disponibles actuellement)

Avec la dépendance progressive de nos sociétés aux TIC, la gestion des déchets électriques et électroniques devient un défi d'une envergure croissante. L'innovation technologique des différents appareils et équipements ainsi que leur taux de substitution actuel obligent les autorités à repenser leur fin de vie. Parmi les solutions proposées, il existe un intérêt remarquable pour l'extension de leur durée de vie opérationnelle. La durée de vie des équipements électroniques fait elle aussi référence à des stratégies d'économie circulaire. Comme pour l'indicateur précédent, l'allongement de la durée de vie des équipements implique une réduction de leur mobilisation matérielle et énergétique tout au long de la chaîne de valeur. Les stratégies de réduction peuvent s'implanter en amont comme en aval de l'introduction des produits sur le marché. Parmi les stratégies en amont, mentionnons les approches d'écodesign pouvant se matérialiser par la mobilisation de matériaux de seconde main ou biosourcés; la fabrication modulaire; la fabrication additive ou encore un design sobre dans une perspective «Low Tech» (Bihouix, 2014). Dans les stratégies en aval, citons le mouvement des «Repair Cafés» et les diverses filières de réparation et de remanufacturing). L'allongement de la durée de vie nécessite la mise en place d'innovations organisationnelles, processuelles et technologiques tout au long de la chaîne de valeur des produits électroniques. À titre d'exemple, la multinationale d'électroménagers SEB a modifié radicalement son modèle d'affaires et implanté de nouvelles infrastructures de cueillette et de production afin de mettre en place une stratégie globale de logistique inversée. Il n'existe malheureusement pas de données actuelles sur la durée de vie des équipements électriques et électroniques au Québec. Il s'agirait toutefois potentiellement d'un

indicateur très puissant sur la mise en place et l'adoption de technologies et modèles d'affaires axés sur l'innovation en faveur de la sobriété numérique.



DONNÉES REQUISES ET ÉTUDIÉES

Durée de vie moyenne des différents types d'équipements électriques et électroniques

CATÉGORIE D'INDICATEURS 2 : OPTIMISATION DES INFRASTRUCTURES (données non disponibles)

L'optimisation réfère à la consolidation et à l'augmentation de la performance des infrastructures numériques à l'échelle de la province. La performance fait ici référence à l'efficacité des processus par rapport à l'émission de GES produite. Les infrastructures se composent des différents systèmes sociotechniques en réseau permettant de livrer les services et produits numériques aux populations et organisations. Les deux indicateurs d'innovation infrastructurelle sélectionnés consistent en l'implantation des technologies numériques disruptives (B5G, quantique, IA) et la mise en place de centres de données misant sur la technologie du free-cooling. D'autres approches d'optimisation existent et seront ajoutées progressivement en tant qu'indicateurs.

Ces deux indicateurs se concentrent sur des dispositifs technologiques de niche encore peu intégrés au sein du régime technologique québécois. Actuellement, ces types d'innovation nécessitent donc, à l'échelle du Québec, des espaces protégés destinés à l'expérimentation et la maturation en vue d'un passage à l'échelle. Il est nécessaire de déployer des démarches de «gestion stratégique de niche» ou des zones d'innovation pour tester et structurer ces technologies.

Nous n'en sommes donc pas à l'étape de mesurer leur développement et leur appropriation au sein de la société québécoise. Par conséquent, nous faisons face à plusieurs contraintes en termes d'existence et d'accès aux données. Il sera toutefois pertinent, au cours des prochaines années, de suivre l'évolution et l'adoption de ces technologies par les organisations.

DONNÉES REQUISES

La mesure des GES émis par les TIC;



La mesure du développement et de l'implantation de technologies disruptives ou de nouvelles pratiques (exemple le *free cooling*) qui réduisent l'émission de GES;

La réduction de GES grâce à l'implantation de technologies numériques disruptives.

CATÉGORIE D'INDICATEURS 3 : APPROPRIATION DU NUMÉRIQUE PAR LA SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE

L'appropriation du numérique par la société est une composante cruciale à la transition numérique verte du Québec. En effet, les différentes parties prenantes se doivent d'être le mieux outillées possible pour appréhender les impacts (négatifs comme positifs) de leur consommation numérique. En effet, cette plus grande compréhension et sensibilisation face à ces impacts est susceptible de stimuler la recherche de solutions innovantes et sobres pour l'utilisation du numérique. À l'échelle des populations, cette appropriation peut s'incarner par la littératie numérique.

Indicateur : la littératie numérique des utilisateurs (*données non disponibles actuellement*)

Terme subissant une constante évolution étant consubstantielle aux changements dans le monde des TIC, la littératie numérique ne se limite pas à la capacité d'exécution de tâches techniques sur des dispositifs technologiques. Selon Gilster (1997), il s'agit plutôt d'une compétence informationnelle découlant d'une pensée critique et permettant de construire du sens: «*digital literacy is about mastering ideas, not keystrokes*» (p.15). Ainsi, selon le Réseau Éducation Médias (2010), la littératie numérique se compose de trois principes: l'aptitude et les connaissances techniques pour utiliser l'environnement numérique, la capacité à exercer son esprit critique sur les usages de ces applications et de l'environnement numérique en général numérique, la capacité à créer à l'aide de la technologie.

Dans cette optique, la littératie numérique est un levier pour permettre aux individus et aux organisations d'innover afin de transformer leurs pratiques numériques vers des modes plus durables. Dans le même ordre d'idées, la littératie permet de mieux outiller les parties prenantes afin de les rendre réceptives et perméables aux nouvelles innovations de rupture.

DONNÉES REQUISES

Proportion de jeunes/adultes ayant des compétences en technologies de l'information et des communications (TIC), par type de compétences (utiliser l'outil copié-collé; envoyer des courriels avec une pièce jointe; écriture d'un programme informatique à l'aide d'un langage de programmation spécialisé, etc.).



Adaptation et résilience

Tel que souligné dans la dernière publication du GIEC, on constate une forte accumulation de GES anthropiques dans l'atmosphère (IPCC, 2022). Les différentes études et modélisations produites pour les Systèmes Terre indiquent par conséquent que le réchauffement climatique est sans équivoque. Au Québec, les analyses de l'évolution climatique de la province nous informent que les conséquences des changements climatiques se font ressentir depuis plusieurs années, et ce, dans tous les régions et secteurs d'activités. Les modélisations climatiques sont marquées par une hausse de la température globale; une augmentation des précipitations printanières et automnales; une augmentation des débits hivernaux moyens des rivières; et une légère tendance aux sécheresses dans le sud du Québec. De plus, l'augmentation du niveau de la mer, la diminution des glaces marines et l'acidification des océans exposent le Québec à certains risques au niveau de ses zones côtières, mais également de sa biodiversité et de son environnement bâti (Ouranos, 2015). Ces tendances climatiques impactent la santé humaine, la biodiversité, la foresterie, l'agriculture, l'empreinte énergétique et carbone ainsi que la progression d'espèces envahissantes et nuisibles (Ouranos, 2015).

L'importance de réduire l'impact anthropique sur l'environnement, notamment par une réduction des émissions de GES, est absolument cruciale. Or, les stratégies d'adaptation et de résilience sont aussi primordiales à déployer afin de faire face aux changements climatiques déjà enclenchés. Selon les travaux mis en place en vue de la SQRI 2022, les priorités au Québec pour implanter des approches d'adaptation et de résilience sont les suivantes : fédérer les acteur.rice.s autour d'une

gouvernance climatique; appuyer une économie en phase avec la réalité climatique; renforcer la résilience des systèmes alimentaires; réduire les risques liés aux événements extrêmes; et faciliter l'adaptation des milieux de vie.

Les stratégies d'adaptation peuvent être multiples: technologiques, institutionnelles, écosystémiques, etc. Dans le cadre du Baromètre de l'innovation, il a été jugé prioritaire de se pencher sur les approches d'innovation sociales et institutionnelles en faveur de l'adaptation aux changements climatiques. En effet, les dimensions technologiques d'adaptation s'intègrent au sous-pilier des technologies propres.

Considérant la difficulté de récolter des données touchant aux démarches d'innovation sociale pour les changements climatiques, la présente version du Baromètre ne contient aucun indicateur qui soit actuellement renseigné par des données. Nous proposons toutefois quelques pistes d'indicateurs qui seront importants pour la deuxième version du baromètre qui sera implantée ultérieurement. Ces indicateurs posent leur socle épistémologique sur l'importance de l'expérimentation, malgré sa plus grande part de risque que les processus traditionnels de R&D; ainsi que sur l'importance d'une meilleure mise en commun entre les groupes de recherche aux fins de stimuler l'innovation interorganisationnelle. Les deux indicateurs proposés sont donc les suivants: les démarches d'expérimentation multiparties/multiniveaux comme accélérateurs de l'adaptation aux changements climatiques; et les investissements dans les démarches expérientielles et multidisciplinaires d'innovation sociale en faveur de l'adaptation aux changements climatiques.

Technologies propres

Parmi les livrables de la COP 26 figure l'adoption, par trente pays, dont le Canada, du « *Breakthrough Agenda* » (UKCop26). Cet engagement enjoint les signataires à œuvrer collaborativement au cours de la décennie afin d'accélérer le développement et l'implantation des technologies propres au sein des secteurs à forte émission de GES : acier, hydrogène, énergie et transport routier. Il est souhaité que cette filière devienne accessible, abordable et attractive. Les technologies propres sont en effet perçues comme un secteur d'innovation verte puissant pour limiter les changements climatiques, mais également porteurs d'un haut potentiel de croissance économique. Selon Écotech Québec (2022), les bénéfices des technologies propres pour les organisations incluent l'amélioration du bilan environnemental; la réduction des coûts; l'amélioration des performances techniques; l'instauration d'un climat d'innovation; l'attraction de talents; l'amélioration de l'image corporative et de la productivité; l'augmentation de la pérennité; et un positionnement accru dans la chaîne de valeur. Il existe actuellement plusieurs définitions des technologies propres. La plus complète et inclusive est celle du Gouvernement du Canada, qui les définit comme suit ([Kognitions 2021, adapté de Statistique Canada](#)) :

« Tout processus, produit ou service réduisant les répercussions environnementales par l'entremise d'activités visant la protection de l'environnement, de l'utilisation durable des ressources naturelles ou de l'emploi de biens ayant été modifiés ou adaptés spécifiquement pour consommer largement moins de ressources et d'énergie que les quantités établies dans la norme industrielle. Les technologies propres désignent :

Tous les biens ou les services conçus principalement pour contribuer à l'assainissement ou à la prévention de tout type de dommage environnemental;

Tous les biens ou les services qui sont moins polluants ou plus économes en ressources que leurs équivalents ordinaires qui ont une utilité semblable. Toutefois, leur utilité principale n'est pas liée à la protection de l'environnement ».

Au Québec, le secteur des technologies propres profite déjà d'un dynamisme notable. En 2018, on y génère des revenus de 8,6 G\$ (Écotech Québec, 2022). Il s'agit d'un créneau certes bien établi, mais encore mal connu et qui dispose d'une marge importante de croissance (EY, 2017). Afin de stimuler le développement de cette filière stratégique, le gouvernement du Québec publiait en 2018 le Plan d'action pour la croissance et les technologies propres. L'énoncé de vision se positionnait sur les axes suivants : l'adoption des technologies propres par les organisations; la stimulation de la R&D pour les technologies propres; et la mise en place d'un environnement d'affaires favorable (gouvernement du Québec, 2018).

S'inscrivant en cohérence avec le Plan d'action, le Baromètre de l'innovation vise à établir une vision précise de l'état et de l'évolution des technologies propres au Québec. Pour ce faire, nous avons appuyé notre travail sur l'effort conjoint du ministère de l'Économie et de l'Innovation; le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques; et l'Institut de la statistique du Québec pour le « Tableau de bord pour la mesure de l'économie verte ».

Le Tableau de bord propose en effet des indicateurs pour la mesure des technologies propres au Québec. Nous leur reprenons ici les indicateurs suivants : les revenus tirés de la vente de biens et des technologies propres; le PIB du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres. Nous y ajoutons également le nombre d'emplois liés aux technologies propres.

L'équipe du Baromètre travaille également à acquérir une importante base de données sur les organisations québécoises du secteur des technologies propres. Ce jeu de données permettra de développer de l'intelligence basée sur des informations précises concernant notamment le nombre d'emplois, les catégories d'acteurs (entreprises innovantes, investisseurs, organismes de recherche, de développement et de transfert technologique) et les secteurs d'activités (chimie verte, matières résiduelles, air, sols, etc.). Ces données seront traitées éventuellement et intégrées dans la deuxième version à venir du Baromètre.

Indicateur 1 : Revenus tirés de la vente de biens et services de technologies propres.

Cet indicateur se compose des revenus des biens et services de technologies propres provenant des ventes intérieures et de l'exportation. En ce qui a trait aux biens et technologies propres, cela inclut les ventes de biens fabriqués dans un emplacement situé au Canada ou fabriqués à l'extérieur, mais importés pour être vendus. En ce qui a trait aux services, les revenus comptabilisés proviennent des services fournis au Canada et à l'extérieur du pays.



DONNÉES REQUISES

Revenus annuels des ventes domestiques et des importations de biens et services de technologies propres.

BASE DE DONNÉES NÉCESSAIRES

Institut de la statistique du Québec.
Revenus tirés de la vente domestique et des exportations de biens et services environnementaux et des technologies propres détaillées, Québec, 2015, 2017 et 2020.

Indicateur 2 : PIB du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres

Cet indicateur concerne le produit intérieur brut (PIB) du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres. Le PIB représente un indicateur général de l'activité économique d'un secteur ou d'un pays sur une période précise. Dans le présent cas, le PIB correspond à la valeur marchande totale de l'ensemble des biens et services produits par le secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres au Québec pour une période d'un an.



DONNÉES REQUISES

PIB annuel du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres

BASE DE DONNÉES NÉCESSAIRES

Institut de la statistique du Québec.
PIB du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres¹, Québec, 2012-2020.

Indicateur 3 : Emplois liés aux technologies propres

Cet indicateur comptabilise le nombre total d'emplois liés aux technologies propres dans la province du Québec.



DONNÉES REQUISES

Nombre d'emplois liés aux technologies propres

BASE DE DONNÉES NÉCESSAIRES

Statistique Canada. Tableau 38-10-0152-01. Emplois liés à l'environnement et aux technologies propres, Canada et régions.

Énergie et mobilité durable

La filière du transport représente un créneau névralgique pour la transition énergétique du Québec. En effet, alors que les secteurs de l'industrie et du bâtiment sont alimentés par des bouquets énergétiques diversifiés, le transport, qui comptabilise 28% de la consommation énergétique du Québec, est alimenté à 97% par les produits pétroliers raffinés (PPR) (Whitmore et Pineau, 2022). Cette consommation a d'ailleurs crû de 41% depuis 1990 en raison d'une augmentation du fret de marchandises et du parc de voitures individuelles (Whitmore et Pineau, 2022). Alors que la province vise à réduire de 40% sa consommation de PPR d'ici 2030 et, pour le même horizon, baisser de 37,5% ses émissions de GES par rapport au niveau de 1990, force est de constater que le bilan carbone et énergétique du Québec est pour l'instant mitigé (ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022). L'atteinte des cibles énergétiques de la province nécessitera l'appui des créneaux stratégiques d'innovation durable dans le secteur des transports personnels et de marchandises. Dans cette optique, les filières de l'électrification et de l'hydrogène sont des pistes à haut potentiel. Dans le cadre de la présente version du Baromètre de l'innovation, en raison de la disponibilité des jeux de données à l'échelle

québécoise, les indicateurs se focaliseront sur la filière de l'électrification des véhicules individuels. La deuxième version du baromètre traitera toutefois également de la filière de l'hydrogène ainsi que du secteur du transport de marchandises. Ainsi, d'autres indicateurs sont en développement et seront ajoutés au fur et à mesure.

Indicateur 1 : Immatriculation de véhicules électriques neufs

La voiture électrique (VÉ) ne représente plus une innovation dite radicale de niche (Geels, 2008). En effet, le niveau d'avancement des technologies qui la composent (batteries au lithium, moteurs, groupe motopropulseur) et des infrastructures (réseaux de recharges, réseaux routiers, politiques, incitatifs) qui la desservent font qu'elle n'est plus considérée comme un simple prototype. Malgré l'existence de défis techniques nécessitant l'innovation pour en augmenter la performance (notamment quant à l'autonomie des moteurs), la VÉ porte le potentiel d'être massivement intégré au sein du système sociotechnique du transport routier du Québec pour, à long terme, remplacer la voiture à essence.

Dans le cadre du présent indicateur, la démarche du Baromètre se focalise sur la diffusion et l'adoption de l'innovation durable qu'est la VÉ dans la société québécoise. Nous avons donc sélectionné l'immatriculation de VÉ neuf comme indicateur offrant l'occasion d'étudier le niveau de pénétration des VÉ dans le parc automobile de la province.



DONNÉES REQUISES

Le nombre de véhicules électriques nouvellement immatriculés (en pourcentage du nombre total de véhicules nouvellement immatriculés)



DONNÉES REQUISES ET ÉTUDIÉES

Statistique Canada. Tableau 20-10-0024-01. Immatriculation des véhicules automobiles neufs, trimestrielle

Conclusion

En conclusion, nous reconnaissons que beaucoup de travail reste à faire. La liste de cinq indicateurs proposée ci-dessus n'est que le début d'un long cheminement pour mesurer les interrelations entre l'innovation et la lutte aux changements climatiques. En gardant à l'esprit le rôle important de la numérisation, de l'énergie, de la mobilité, des technologies propres et des approches d'adaptation pour soutenir le Québec dans ses défis liés aux changements climatiques, ce document est un appel à l'action à tous les acteurs locaux pour briser leurs silos et contribuer à ce baromètre. Le lien avec les autres piliers du Baromètre est clair, nous avons donc besoin d'experts de différents horizons (social, environnemental et économique) pour travailler ensemble et cocréer les indicateurs qui permettront à la société québécoise non seulement d'innover, mais d'innover durablement.



Annexe A.

Tableau récapitulatif des indicateurs de l'innovation durable liée aux changements climatiques pour le Baromètre

SOUS-THÈME	INDICATEURS	DONNÉES REQUISES	SOURCE
Numérique durable	Circularité des résidus des équipements électriques et électroniques	Masse totale (en tonnes) de déchets recueillis pour le réemploi et le recyclage. Selon le type et la source	Statistique Canada. Tableau : 38-10-0138-01. Matières résiduelles récupérées, selon le type et selon la source.
Technologies propres	Revenus tirés de la vente de biens et services de technologies propres	Revenus annuels des ventes domestiques et des importations de biens et services de technologies propres.	Institut de la statistique du Québec. Revenus tirés de la vente domestique et des exportations de biens et services environnementaux et des technologies propres détaillées, Québec, 2015, 2017 et 2020.
Technologies propres	PIB du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres	PIB annuel du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres	Institut de la statistique du Québec. PIB du secteur des biens et services environnementaux et de technologies propres ¹ , Québec, 2012-2020.
Technologies propres	Emplois liés aux technologies propres	Nombre d'emplois liés aux technologies propres	Statistique Canada. Tableau 38-10-0152-01. Emplois liés à l'environnement et aux technologies propres, Canada et régions.
Énergie et mobilité durable	Immatriculation de véhicules électriques neufs	Nombre de véhicules électriques nouvellement immatriculés (en pourcentage du nombre total de véhicules nouvellement immatriculés)	Statistique Canada. Tableau 20-10-0024-01. Immatriculation des véhicules automobiles neufs, trimestrielle.