

JUIN 2025 | V1.0

**INVESTISSEMENTS
FAIBLES ÉMISSIONS
À FORTE
VALEUR AJOUTÉE :
MOTEURS DE
PRODUCTIVITÉ**



À propos de l'Accélérateur de transition

L'Accélérateur de transition mène des projets, des partenariats et des stratégies pour assurer la compétitivité du Canada dans un monde carboneutre. Nous tirons parti de la transition mondiale vers une croissance propre afin de garantir des emplois durables, une énergie abondante et des économies régionales solides partout au pays.

Nous collaborons avec plus de 300 organisations partenaires afin d'ouvrir les voies vers une économie prospère sobre en carbone et d'éviter les détours coûteux. En alliant une réflexion systémique à des analyses concrètes ancrées dans la réalité, nous contribuons à un avenir plus abordable, plus compétitif et plus résilient pour l'ensemble des Canadiens.

En savoir plus accelerateurdetransition.ca.

À propos de l'auteur

Travis Southin, PhD, responsable de l'économie du futur, l'Accélérateur de transition

Travis Southin est un expert du rôle de l'innovation et des politiques industrielles dans la transition vers une économie sobre en carbone. Il se concentre particulièrement sur la croissance des entreprises canadiennes de technologies propres. Avant de rejoindre l'Accélérateur de transition, il a contribué aux travaux du Groupe consultatif pour la carboneutralité.

Citation recommandée

Southin T., (juin 2025). Investissements faibles émissions à forte valeur ajoutée: moteurs de productivité. L'Accélérateur de transition. Version 1.0

Table des matières

1. Ce qu'il faut retenir	3
2. Le problème :	
Le statu quo ne résoudra pas la crise de productivité	6
La crise de productivité du Canada est bien réelle et dure depuis longtemps.	6
Le secteur pétrolier et gazier pèse sur la productivité globale	10
Le Canada peine à faire croître ses entreprises innovantes	12
3. L'opportunité :	
Faire croître des entreprises technologiques dans les filières de ressources naturelles à valeur ajoutée	14
Miser sur les technologies propres	14
Trois domaines clés d'opportunités	19
Matériaux de construction en bois massif : Mieux valoriser le bois pour construire plus efficacement	21
Carburants d'aviation durables : Valoriser les déchets forestiers, agricoles et municipaux en les transformant en carburants propres	23
Véhicules électriques et batteries : Rehausser la valeur des minéraux critiques en devenant chef de file en batteries de nouvelle génération	25
4. L'approche :	
Une politique industrielle stratégique	28
Faire croître des champions nationaux grâce à une politique industrielle ciblée peut accroître la productivité, stimuler la R et D, soutenir les exportations et appuyer la décarbonation de l'économie canadienne	28
5. La conclusion	37

1. Ce qu'il faut retenir

Apporter de la valeur ajoutée à nos ressources naturelles peut contribuer à résoudre la crise de productivité du Canada.

- Une politique industrielle stratégique peut aider à faire croître des entreprises innovantes pour en faire des chefs de file dans les technologies sobres en carbone, comme les **matériaux de construction en bois massif**, les **carburants d'aviation durables** et les **batteries pour véhicules électriques**, en ouvrant de nouveaux marchés pour le bois, la biomasse et les minéraux critiques canadiens. Cela renforce la **résilience** économique, notamment face aux menaces américaines qui pèsent sur la souveraineté économique du Canada.

LE PROBLÈME :

Le statu quo ne résoudra pas la crise de productivité.

- **La crise de productivité du Canada est réelle et persistante.**
La faible productivité du travail et la faible productivité multifactorielle mettent en péril le niveau de vie des Canadiens.
- **Le secteur pétrolier et gazier pèse sur la productivité globale.**
Le déclin de la productivité du travail et la faible productivité multifactorielle dans ce secteur nuisent aux résultats nationaux.
- **Le Canada a du mal à faire croître ses entreprises innovantes.**
Faute d'un nombre suffisant d'entreprises en forte croissance, la productivité stagne.

L'OPPORTUNITÉ :

Faire croître les entreprises technologiques dans les ressources naturelles à valeur ajoutée.

- **Miser sur les technologies propres.**
Les entreprises de technologies propres se démarquent par leurs dépenses en recherche et développement (R et D) et la croissance de leurs exportations, deux leviers clés de la productivité.

Les trois exemples ci-dessous illustrent comment le soutien à des entreprises innovantes dans les technologies sobres en carbone à valeur ajoutée peut renforcer la R et D et la productivité dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

- **Trois domaines d'opportunités clés :**

- 1. Matériaux de construction en bois massif :**

Convertir le bois en **matériaux de construction préfabriqués** innovants permet de décarboner les bâtiments tout en réduisant les coûts et les délais de construction. Cela pourrait améliorer la productivité et la R et D dans la foresterie, la fabrication de produits en bois¹ et la construction, des secteurs généralement en dessous de la moyenne sur ces indicateurs.

- 2. Carburants d'aviation durables :**

Transformer les déchets forestiers, agricoles et municipaux en **carburants durables** ajoute de la valeur à ces matières premières tout en décarbonant le secteur aérien. Cela pourrait améliorer la productivité et la R et D dans des secteurs habituellement faibles sur ces indicateurs, comme la foresterie, tout en renforçant les performances déjà solides de la fabrication de produits chimiques.

- 3. Véhicules électriques et batteries :**

Convertir les minéraux et les métaux en **technologies de batteries de nouvelle génération** pour les véhicules électriques contribue à décarboner le transport, tout en réduisant les risques pour la chaîne d'assemblage automobile en aval. Cela pourrait inverser le déclin de productivité dans des secteurs en amont (comme la production et le traitement de métaux non ferreux, à l'exception de l'aluminium) et en aval (comme la fabrication de matériel de transport).

L'APPROCHE :

Une politique industrielle stratégique

- **Faire croître des champions nationaux grâce à une politique industrielle ciblée renforcera la productivité, augmentera la R et D, stimulera les exportations et contribuera à la décarbonation de l'économie locale.**
- Les principales actions d'une politique industrielle stratégique incluent :
 1. **Définir des cibles claires** basées sur les quantités produites, les parts de marché ou des indicateurs de performance technologique.
 2. **Mettre en place des mécanismes de coordination public-privé** pour faciliter les échanges d'information.
 3. **Aligner la combinaison de politiques** de soutien visant l'offre et la demande afin de répondre aux besoins des entreprises innovantes à mesure qu'elles grandissent.

LA CONCLUSION

- La politique industrielle devrait soutenir l'innovation dans l'extraction, la transformation et la fabrication à forte valeur ajoutée dans les chaînes de valeur des technologies propres. Cela implique de renforcer les liens en amont (ex. : machinerie et techniques minières) et ceux en aval (ex. : transformation et fabrication) entre l'extraction des ressources, la fabrication et l'usage final.



2. Le problème :

Le statu quo ne résoudra pas la crise de productivité

La crise de productivité du Canada est bien réelle et dure depuis longtemps.

Les droits de douane imposés par le président Trump sur les biens canadiens ont déclenché une conversation nationale, attendue depuis longtemps, sur les dangers d'une relation commerciale structurellement dépendante². Cette crise a surtout mené à des appels en faveur de la diversification des partenaires commerciaux et du démantèlement des barrières commerciales interprovinciales. Pourtant, à quelques exceptions près³, les Canadiens ont évité une discussion tout aussi essentielle : la nécessité de diversifier également *ce que nous exportons*.

En ajoutant de la valeur à nos ressources naturelles en les transformant en produits innovants, nous pouvons renforcer notre résilience économique, en rendant la prospérité canadienne moins dépendante des prix des matières premières ou de l'accès au marché américain. Développer notre expertise en matière d'exportation de produits et services innovants permettrait à nos entreprises d'obtenir de meilleurs prix et de rejoindre de nouveaux marchés ailleurs dans le monde.

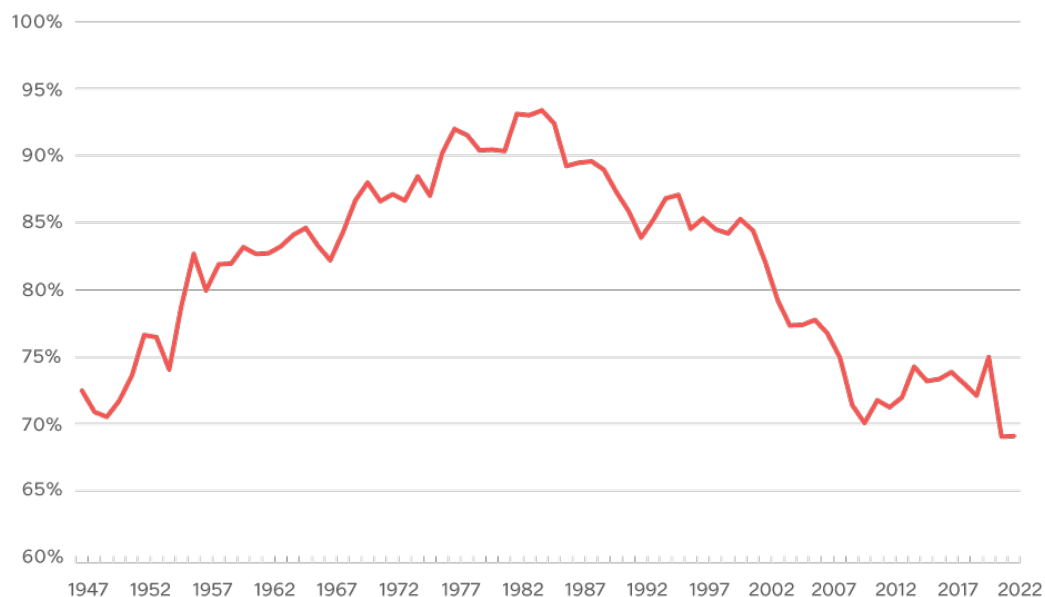
Les ressources naturelles représentent 58 % de la valeur des exportations canadiennes de marchandises⁴. Les États-Unis sont de loin notre principal marché, captant 78 % de ces exportations⁵. Nombre de ces produits sont faiblement transformés, à faible valeur ajoutée : le pétrole brut (18,6 % des exportations totales, dont 91 % vers les États-Unis), le bois scié (1,2 % des exportations totales, dont 84 % vers les États-Unis)⁶, ou encore les minéraux et métaux (21 % des exportations totales, dont 56 % vers les États-Unis), eux aussi principalement exportés sous forme de matières premières plutôt que de produits transformés⁷.

En résumé, renforcer notre autonomie économique exige que le Canada fasse deux choses qui ne lui sont historiquement pas familières : ajouter de la valeur à ses ressources naturelles et les connecter aux chaînes de production locales en aval. Cela permettra de développer des exportations à forte valeur ajoutée, réduisant notre dépendance structurelle à l'exportation de matières premières vers les États-Unis.

Pour garantir sa résilience économique, le Canada doit aussi s'attaquer à sa crise de productivité chronique. Des décennies de déclin de la productivité du travail (PIB réel par heure travaillée) et de la productivité multifactorielle (les hausses de PIB qui ne s'expliquent ni par le capital ni par le travail) mettent en péril le niveau de vie des Canadiens. La croissance de la productivité du travail dans le secteur privé a lentement décliné, passant d'une hausse annuelle 2,3 % entre 1991 et 2000⁸ à seulement 1,0 % entre 2000 et 2015⁹. Cette tendance s'est poursuivie après la pandémie¹⁰.

La productivité du travail a chuté à moins de 70 % du niveau américain, son plus bas niveau depuis 1947¹¹. Le Canada se classe aujourd'hui 17^e sur 19 pays avancés, devançant seulement la Nouvelle-Zélande et le Japon¹².

Retour vers le recul : la baisse de la productivité par rapport aux États-Unis a effacé les gains du Canada suivant l'après-guerre



Source : Centre for the Study of Living Standards¹³

Depuis 2000, la productivité du travail au Canada a augmenté de seulement 0,8 % par an en moyenne, contre 1,9 % aux États-Unis¹⁴. Plus récemment, la croissance est devenue négative, plaçant le Canada sous la moyenne de l'OCDE.

Le Canada affiche également un faible rendement en matière de productivité multifactorielle (PMF), qui reflète « l'efficacité globale avec laquelle les facteurs travail et capital sont conjointement utilisés dans le processus de production¹⁵ ». La PMF représente la portion de la croissance du PIB qui ne peut pas s'expliquer par l'intensité capitalistique ou la qualité de la main-d'œuvre (formation, compétences). Autrement dit, « si les facteurs travail et capital ne changent pas entre deux périodes, la moindre variation de la production témoigne d'une fluctuation de la PMF¹⁶ ».

« Lorsqu'on ouvre la boîte noire de la PMF, on découvre que sa contribution vient en partie de la gestion, mais surtout de l'innovation. »

—Dan Breznitz

Cela signifie que les variations de la productivité multifactorielle (PMF) reflètent la part de la croissance de la production attribuable aux pratiques de gestion, aux marques de commerce, aux changements organisationnels, aux connaissances générales, aux effets de réseau, aux retombées des facteurs de production, aux coûts d'ajustement, aux économies d'échelle, aux effets de la concurrence imparfaite et aux erreurs de mesure.

La croissance de la productivité multifactorielle (PMF) peut être considérée comme l'effet de l'innovation. Le spécialiste de l'innovation Dan Breznitz souligne que « lorsqu'on ouvre la boîte noire de la PMF, on découvre que sa contribution vient en partie de la gestion, mais surtout de l'innovation¹⁷. » Breznitz déplore la faible croissance de la PMF au Canada depuis 2000. Le rendement a été particulièrement faible entre 2000 et 2008, période durant laquelle la croissance de la PMF a été négative¹⁸.

Le Centre for the Study of Living Standards (Centre d'étude des niveaux de vie) partage ce constat, indiquant que « la majeure partie du ralentissement de la croissance de la productivité depuis 2000 s'explique par un effondrement de la productivité multifactorielle¹⁹. » La croissance modeste de la PMF au Canada entre 2015 et 2022 le classe au 10^e rang des pays de l'OCDE pour cette période²⁰.

Les projections à long terme de l'OCDE montrent que le Canada enregistrerait la plus faible croissance du PIB réel par habitant parmi les économies avancées entre 2020 et 2060²¹. Cette perspective découle du faible rendement du Canada en matière de productivité au cours des dernières années, malgré l'impulsion démographique attribuable à l'immigration. Une grande partie de ce retard est attribuable à la période après 2014, où la croissance de la productivité du travail des entreprises n'a été en moyenne que de 0,7 % par année²². Cette situation a été aggravée par la chute des prix du pétrole, qui a eu une incidence sur la production par heure travaillée (productivité du travail) dans le secteur pétrolier et gazier canadien²³.

La croissance des salaires a ralenti en parallèle à la stagnation de la productivité du travail. Cela s'explique par le fait que la capacité à verser des salaires plus élevés de façon durable dépend de la capacité à générer davantage de valeur par heure travaillée. En effet, les gains hebdomadaires moyens, ajustés à l'inflation, n'ont augmenté que de 1,6 % entre janvier 2015 et janvier 2024²⁴. Le Conseil canadien des affaires souligne qu'il s'agit d'un « changement notable par rapport à un taux de croissance de plus de 1,5 % par année auquel les travailleurs canadiens ont bénéficié au cours des deux décennies précédentes²⁵ ». Pour assurer la prospérité du Canada dans un contexte géopolitique instable, il devient essentiel de s'attaquer enfin à la crise de la productivité. Cela passe par l'innovation, afin de stimuler rapidement les exportations à valeur ajoutée²⁶.

Le secteur pétrolier et gazier pèse sur la productivité globale

Bien que le secteur pétrolier et gazier du Canada affiche encore la plus haute productivité du travail (400 \$ de valeur ajoutée réelle par heure travaillée en 2023, contre 59 \$ pour l'ensemble du secteur des entreprises), cette productivité est en déclin constant : une baisse de 34 % entre 1998 et 2023, alors que le reste de l'économie affichait une hausse de 31 %²⁷.

Productivité du travail dans le secteur pétrolier et gazier : en déclin, mais toujours en tête

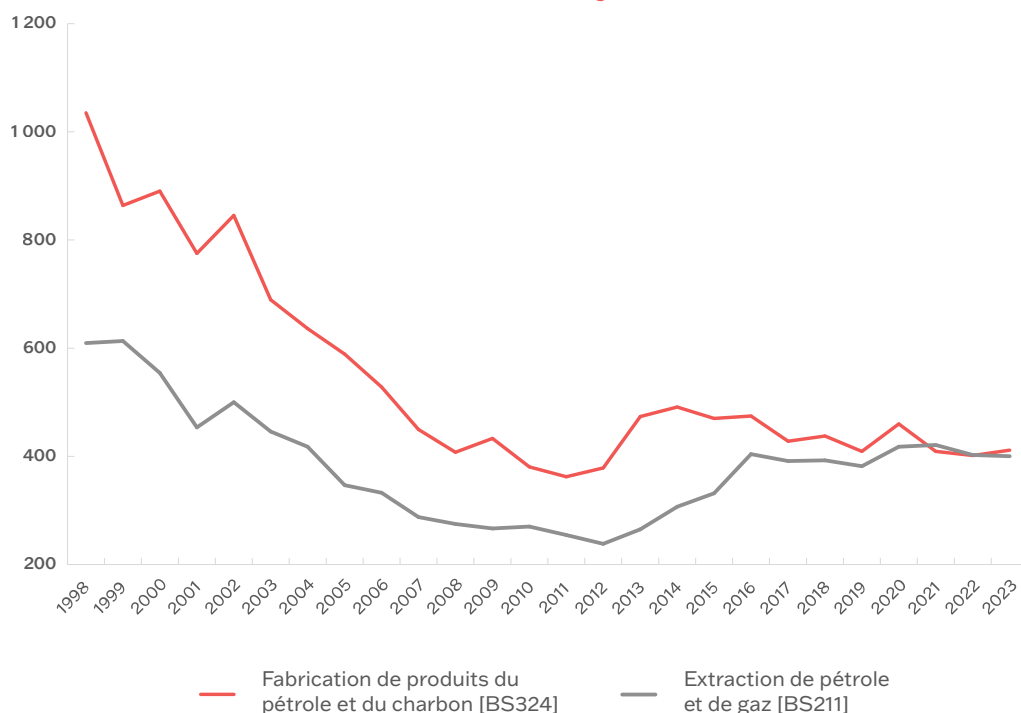


Tableau : 36-10-0480-01 (anciennement CANSIM 383-0033)²⁸

Ce recul s'explique en partie par la nature même des sables bitumineux, qui sont moins productifs que les sources pétrolières traditionnelles, car ils exigent davantage de capital pour produire un baril. Entre 1995 et 2015, la part du capital canadien investi dans le secteur pétrolier est passée de 15 % à plus de 30 %, coïncidant avec un boom des prix du pétrole et la commercialisation des technologies d'exploitation des sables bitumineux²⁹. Cela a largement dépassé la croissance modeste de la contribution économique du secteur à l'économie canadienne sur la même période^{30, 31}.

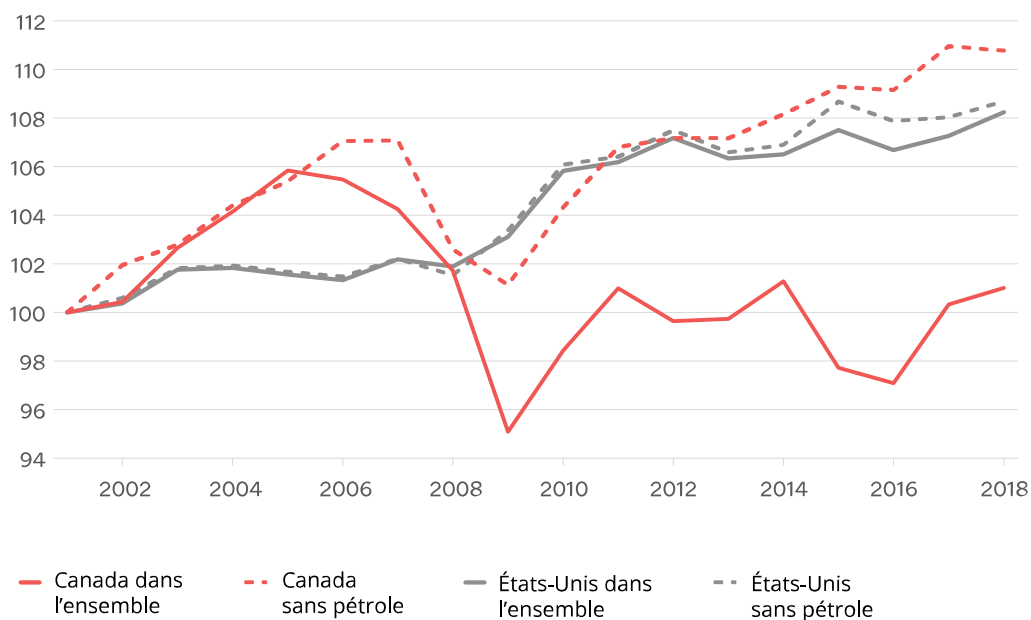
Les analyses actuelles de la productivité canadienne ont tendance à surévaluer la productivité du travail et, par conséquent, le rôle du secteur pétrolier et gazier. En général, la productivité du travail est la mesure privilégiée dans les discussions sur la productivité. Cela ne donne toutefois qu'une vision partielle de la situation. La productivité du travail dans un secteur donné dépend largement de l'intensité relative en capital de ce secteur. Pour bien comprendre les différences, les interactions et les dynamiques entre les secteurs, il est essentiel d'examiner les estimations de la productivité multifactorielle, même si cette méthode comporte elle aussi certaines limites méthodologiques³².

L'élément clé à retenir est qu'il est inapproprié, et probablement trompeur, de fonder une réflexion stratégique en matière économique uniquement sur la productivité du travail sectorielle.

En effet, une analyse menée par des chercheurs de l'Université McMaster montre que si l'on exclut le pétrole des calculs de PMF, la performance du Canada entre 2001 et 2018 passe d'une croissance annuelle moyenne de 0,06 % à 0,6 %, un rythme plus sain et similaire à celui des États-Unis (avec le pétrole inclus : 0,47 % pour les États-Unis contre 0,49 % pour le Canada hors pétrole).

En retirant le pétrole et le gaz de l'équation, la productivité multifactorielle du Canada suit le rythme des États-Unis

Indice de productivité multifactorielle (2001 = 100)



Source : The Globe and Mail et Université McMaster³³

Les auteurs expliquent que la hausse des prix du pétrole a rendu économiquement viables des sources très capitalistiques comme les sables bitumineux. Mais cela a ralenti la croissance de la PMF en raison du volume d'intrants requis par baril produit. La Banque du Canada résume ainsi la situation : « Avant la chute des prix des matières premières en 2014, les investissements visaient à accroître la production, plutôt qu'à rendre les procédés plus efficaces. En raison de ces facteurs, nous estimons que la baisse de la PMF se poursuivra dans les années 2020³⁴. »

En résumé, la faible PMF du secteur pétrolier et gazier a nui à la croissance globale de la productivité, ce qui est préoccupant à long terme pour le niveau de vie des Canadiens³⁵. Cela ne remet pas en cause l'importance du secteur pour la prospérité du pays, mais souligne que l'enjeu consiste désormais à convertir cette richesse en croissance durable par la spécialisation dans des secteurs hautement productifs. Autrement dit : miser sur des technologies où l'innovation améliore l'efficacité de la conversion du capital et du travail en valeur ajoutée. Dans bien des cas, cela passera par une plus grande valorisation de nos ressources naturelles, un sujet que les prochaines sections exploreront à travers trois exemples d'opportunités de croissance en recherche et développement (R et D) : les matériaux de construction en bois massif, les carburants d'aviation durables et les véhicules électriques.

Le Canada peine à faire croître ses entreprises innovantes

Les entreprises en forte croissance, appelées « scale-ups » (par rapport à « start-ups » pour les entreprises en démarrage), qui augmentent leur chiffre d'affaires de 20 % par an pendant trois années consécutives, sont les héroïnes méconnues de la productivité. Elles sont rares : seulement une entreprise sur 100 répond à cette définition³⁶. Pourtant, elles sont particulièrement productives : leur taux de croissance de la productivité atteint 6 %, bien au-dessus des entreprises standards³⁷. Elles ont aussi un impact économique disproportionné, générant 20 fois plus de revenus et 5 à 10 fois plus d'emplois que les autres³⁸.

Malheureusement, le Canada ne réussit pas à en créer suffisamment. En 2017, dans le cadre du Plan pour l'innovation et les compétences d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada, le gouvernement s'était fixé pour objectif de doubler le nombre d'entreprises en forte croissance, en passant de 14 000 à 28 000 d'ici 2025³⁹. Malheureusement, les progrès sont modestes : en 2022, on ne comptait que 17 930 « scale-ups »⁴⁰.

Ce constat est lié à la structure économique du Canada, fortement dominée par les PME. Or, ces dernières peinent à atteindre le statut « d'entreprises de pointe », les 5 % les plus productives de leur secteur, qui sont à l'origine de la majorité des gains de productivité à l'échelle mondiale depuis 20 ans. Statistique Canada note que cette prédominance des PME explique en partie l'écart croissant de productivité entre le Canada et les États-Unis : le Canada compte plus de PME, et celles-ci sont moins productives que leurs équivalentes Américaines⁴¹.

Une étude de l'OCDE sur les entreprises de pointe comparées aux entreprises à la traîne a révélé une croissance mondiale annuelle de 3,5 %, contre seulement 0,5 % pour les PME⁴². Dans le secteur manufacturier, la productivité des entreprises de pointe a augmenté de moitié entre 2003 et 2020, et des deux tiers dans les services. Sur la même période, la productivité des entreprises à la traîne a progressé de moins de 5 %.

L'OCDE définit les entreprises de pointe comme « les 5 % d'entreprises ayant les plus hauts niveaux de productivité dans chaque secteur industriel important (à deux chiffres) à l'échelle internationale ». D'autres données de l'OCDE soulignent aussi l'accroissement des écarts de productivité à l'intérieur des pays : les entreprises les moins performantes rattrapent de moins en moins les chefs de file dans leur propre secteur⁴³.

Le Canada a une structure économique plus centrée sur les PME que ses homologues, ce qui limite sa capacité à générer des entreprises de pointe. Selon Álvaro Santos Pereira, économiste en chef de l'OCDE, « le Canada ne compte pas assez d'entreprises de pointe⁴⁴ ».

Le déclin de la productivité du travail après 2000 au Canada s'explique tant par le ralentissement des entreprises de pointe (c'est-à-dire les 10 % les plus productives dans un secteur donné) que, surtout, des entreprises non-pionnières (soit toutes les autres entreprises)⁴⁵. Le ralentissement de la productivité du travail chez les entreprises non-pionnières après 2000 explique à lui seul 2,95 points de pourcentage, soit 90 % du recul total de 3,21 points observé dans la croissance de la productivité globale entre les périodes 1991–2000 et 2000–2015⁴⁶.

Alors, où concentrer nos efforts pour stimuler le développement de davantage d'entreprises en forte croissance ? Le reste de ce rapport explore des pistes concrètes pour positionner des entreprises innovantes en tant que fournisseurs clés des technologies qui seront en forte demande à mesure que le monde se décarbone : matériaux de construction en bois massif, carburants d'aviation

durables et véhicules électriques/batteries.



3. L'opportunité : Faire croître des entreprises technologiques dans les filières de ressources naturelles à valeur ajoutée

Miser sur les technologies propres

Des experts en productivité soulignent les avantages potentiels, en matière de productivité, de la transition vers une économie sobre en carbone⁴⁷. Selon l'Agence internationale de l'énergie (IEA), le scénario « carboneutralité d'ici 2050 » (NZE) nécessitera une hausse des investissements mondiaux en énergie propre de 1 800 milliards \$US en 2023 à 4 300 milliards \$US en 2030⁴⁸. Faire croître des champions nationaux pour en faire des fournisseurs mondiaux de premier plan en technologies propres permettrait au Canada de profiter pleinement de cette demande croissante.

« Innover, c'est transformer des idées en produits et services nouveaux ou améliorés, à chaque étape de la production et dans tous les secteurs de l'économie. Et c'est précisément là où, malheureusement, nous échouons. »

—Dan Breznitz

Le secteur canadien des technologies propres et environnementales a été identifié comme un moteur potentiel de croissance de la productivité⁴⁹. On entend par technologies propres et environnementales tout bien ou service conçu principalement dans le but de contribuer à la prévention ou à la réparation de dommages environnementaux, ou tout bien ou service dont l'objectif principal n'est pas la protection de l'environnement, mais qui est moins polluant ou plus efficient sur le plan des ressources que des produits équivalents offrant une utilité comparable⁵⁰.

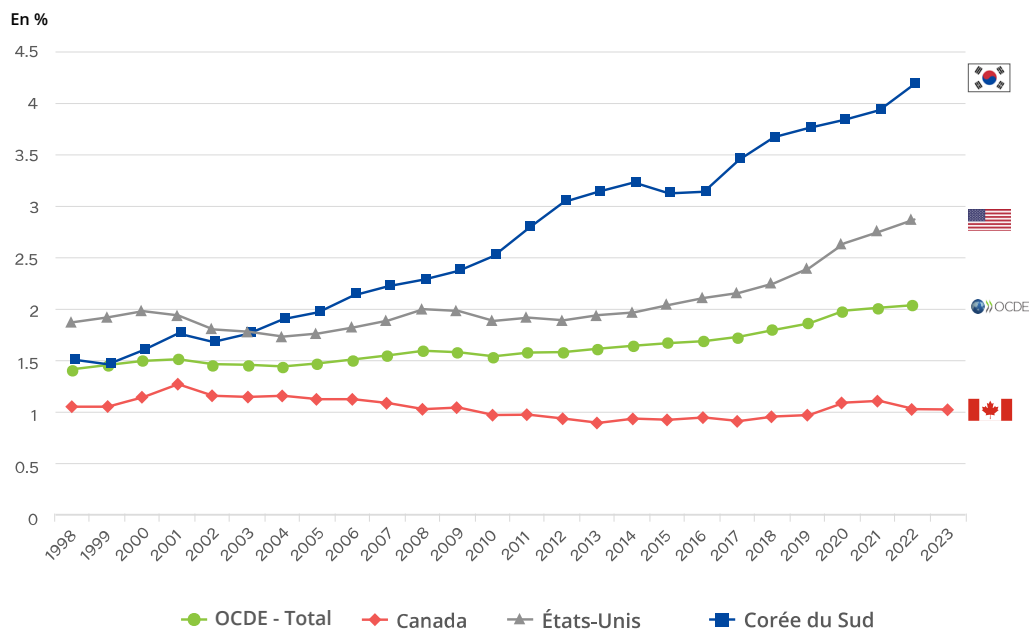
Les entreprises de ce secteur se démarquent par leur capacité à convertir les investissements en innovation en gains de productivité. Une analyse des entreprises appuyées par les programmes gouvernementaux de Soutien de la croissance et de l'innovation en entreprise (SCIE) entre 2016 et 2023 montre que les entreprises de technologies propres ont affiché une croissance de productivité supérieure à la moyenne⁵¹.

Les investissements d'aujourd'hui en recherche et développement (R et D) sont les innovations et les gains de productivité de demain. Ainsi, les dépenses en R et D des entreprises et des gouvernements signalent les secteurs où l'innovation devrait porter ses fruits à court et moyen terme. Or, l'innovation demeure le talon d'Achille de l'économie canadienne. Breznitz résume ainsi le problème : « Inventer, c'est avoir une idée originale, et le Canada s'en tire bien. Innover, c'est transformer des idées en produits et services nouveaux ou améliorés, à chaque étape de la production et dans tous les secteurs de l'économie. Et c'est précisément là où, malheureusement, nous échouons⁵². »

Statistique Canada souligne d'ailleurs que les dépenses en R et D des entreprises en proportion du PIB placent le Canada à l'avant-dernier rang du G7, devant seulement l'Italie⁵³. Comme l'illustre la figure suivante de l'OCDE, l'écart entre les dépenses des entreprises canadiennes en R et D et celles de leurs concurrents internationaux ne cesse de se creuser au fil du temps :

Les entreprises canadiennes accusent un retard croissant en matière d'investissement en R et D

Dépenses des entreprises en R et D en pourcentage du PIB

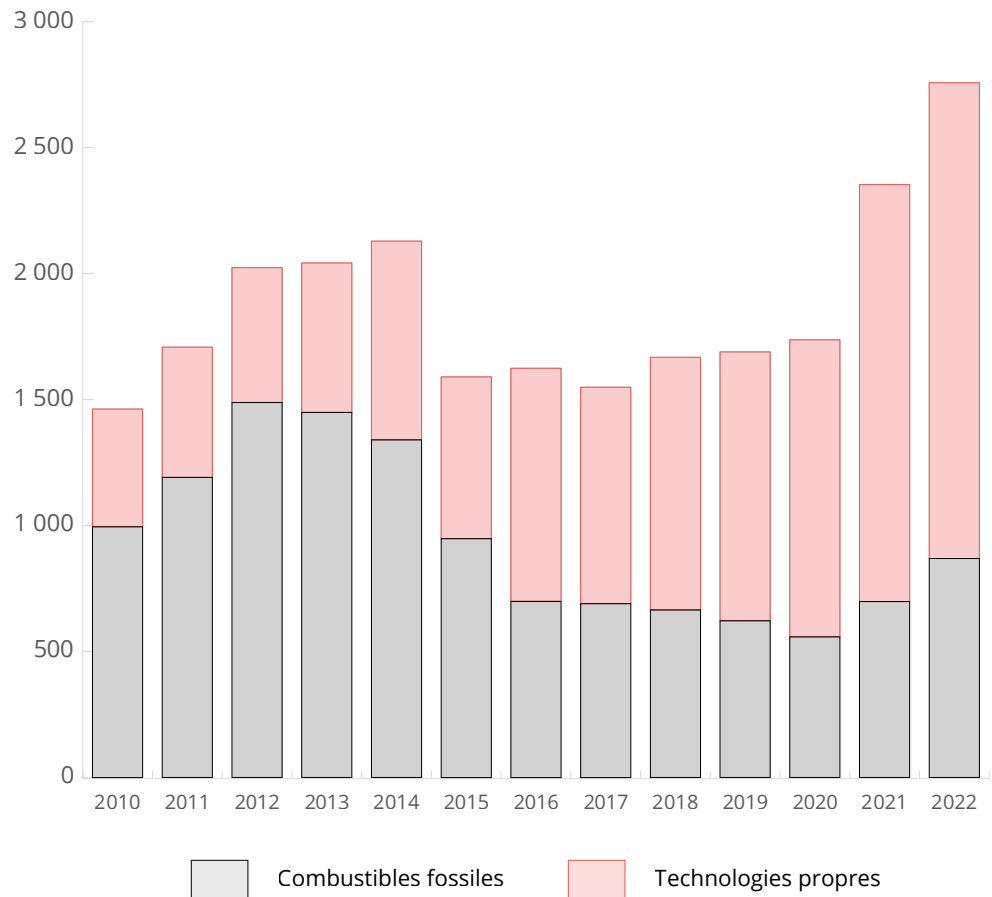


Source : OCDE⁵⁴

Contrairement à la tendance générale, les dépenses en R et D des entreprises dans les technologies propres ont augmenté de façon continue. Cela inclut l'efficacité énergétique, la fission et fusion nucléaire, l'hydrogène, les piles à combustible, l'électricité, les énergies renouvelables et autres technologies énergétiques.

La R et D dans le domaine des technologies propres surpasse celle liée aux combustibles fossiles

Millions de dollars



Sources : Statistique Canada, tableaux 27-10-0347-01 (2014 à 2022) et 27-10-0103-01 (2010 à 2013)⁵⁵

Toutefois, le principal secteur technologique en matière de dépenses en R et D énergétique des entreprises demeure celui des combustibles fossiles, puisque les technologies propres regroupent plusieurs sous-catégories technologiques. Les entreprises canadiennes continuent donc d'orienter leurs investissements en R et D énergétique davantage vers les combustibles fossiles que leurs homologues internationaux. Par exemple, selon les données de l'IEA sur les dépenses en R et D énergétique des entreprises cotées en bourse entre 2015 et 2022, le secteur pétrolier et gazier se classe au troisième rang, derrière l'automobile et l'électricité (production, distribution et réseaux)⁵⁶. De plus, la part des combustibles fossiles dans le financement public mondial de la recherche, du développement et de la démonstration (RD&D) est en diminution constante⁵⁷.

Une analyse sectorielle des investissements en R et D révèle que la structure économique du Canada, fortement axée sur les ressources naturelles, contribue à son retard global en matière de R et D par rapport à ses pairs. Plus précisément, selon Peter Phillips, expert en innovation à l'Université de la Saskatchewan, ce retard est dû à la surreprésentation des secteurs à faible intensité de R et D, comme l'agriculture, la foresterie, la pêche, l'exploitation minière, l'énergie et leurs secteurs de soutien connexes, plutôt que dans des secteurs à forte intensité en R et D, tels que le matériel et les logiciels informatiques, les produits pharmaceutiques, l'automobile et l'aérospatiale⁵⁸. Un élément encourageant toutefois : les entreprises canadiennes dans ces secteurs traditionnellement peu axés sur la R et D investissent en réalité davantage que leurs homologues internationaux dans les mêmes secteurs⁵⁹.

Le secteur des technologies propres affiche également une performance supérieure à l'économie générale en matière de croissance des exportations, ce qui constitue souvent un facteur clé de la productivité accrue⁶⁰. Par exemple, la productivité du travail des entreprises exportatrices était, en moyenne, de 13 % supérieure à celle des non-exportatrices dans le secteur manufacturier canadien entre 1974 et 2010⁶¹. Bien que le Canada affiche des excédents commerciaux dans les secteurs de l'agriculture, du bois, des minéraux, ainsi que du pétrole et du gaz, il « obtient de faibles résultats dans les industries technologiquement avancées⁶² ».

Les exportations de technologies propres et de produits environnementaux ont augmenté de 109 % entre 2012 et 2023, représentant 2,8 % des exportations totales du Canada en 2023⁶³. Cette croissance dépasse largement la hausse de 72 % des exportations totales de l'économie durant la même période⁶⁴. Les PME en technologies propres sont particulièrement tournées vers l'international : elles génèrent en moyenne 10 % de leur chiffre d'affaires à l'exportation, comparativement à seulement 5 % pour l'ensemble des PME canadiennes⁶⁵.

De plus, les PME en technologies propres sont plus enclines à exporter des biens que les autres PME canadiennes. Parmi celles qui exportent, près de la moitié (49 %) déclarent exporter uniquement des biens (contre 38 % dans l'ensemble des secteurs), 33 % exportent à la fois des biens et des services, et seulement 18 % exportent uniquement des services (contre 45 % dans l'ensemble des secteurs)⁶⁶.

À l'avenir, le Canada doit renforcer sa position dans le secteur des technologies propres en appuyant une cohorte d'entreprises en croissance, prêtes à répondre à la demande mondiale croissante de solutions innovantes pour la réduction des émissions. La section suivante présente des exemples concrets. Des technologies comme la construction en bois massif représentent une occasion d'exportation à forte valeur ajoutée et à contenu technologique élevé, tant pour les biens (matériaux de construction préfabriqués modulaires) que pour les services (ingénierie et architecture).



Trois domaines clés d'opportunités

La transition énergétique représente une occasion pour le Canada d'ajouter de la valeur à ses ressources naturelles par l'innovation. Des exemples concrets de secteurs sobres en carbone à fort potentiel en R et D permettent d'illustrer comment faire croître des entreprises canadiennes innovantes en exportateurs hautement productifs capables de répondre à la demande mondiale.

Des recherches de l'Accélérateur de transition basées sur une revue de la littérature ont recensé un consensus vers sept domaines qui connaîtront une demande croissance dans une économie qui progresse vers la carboneutralité⁶⁷ :

- Véhicules électriques (VÉ) et chaîne d'approvisionnement des batteries
- Captage, utilisation et séquestration de carbone
- Hydrogène
- Biocarburants
- Agriculture à valeur ajoutée (ex. : protéines alternatives)
- Foresterie à valeur ajoutée (ex. : matériaux de construction en bois massif)
- Minéraux critiques

Des travaux ultérieurs menés par l'Accélérateur de transition soulignent que les ressources naturelles du Canada lui offrent un avantage stratégique pour capter des segments clés de chaînes d'approvisionnement mondiales, à condition que des politiques industrielles stratégiques soutiennent des capacités avancées de production et d'innovation⁶⁸.

La prochaine section explore trois axes prometteurs pour lesquels l'Accélérateur de transition a mobilisé des chefs de file de l'industrie afin de concevoir ensemble des feuilles de route technologiques :

- Matériaux de construction en bois massif (selon la *Feuille de route pour le bois massif* de l'Association des produits forestiers du Canada et du Conseil canadien du bois)⁶⁹
- Carburants d'aviation durables (selon la *Feuille de route C-SAF* du Conseil canadien des carburants d'aviation durables)⁷⁰
- Véhicules électriques et batteries (selon la *Feuille de route canadienne pour l'innovation dans la filière batterie* de l'alliance Accélérer⁷¹ et la *Feuille de route pour la chaîne de valeur des batteries* au Canada de l'Association canadienne des métaux pour batteries⁷²)

Résoudre la crise de productivité demandera bien plus que des succès dans ces trois secteurs. Mais ils représentent des exemples concrets du type d'opportunités à valeur ajoutée que le Canada devrait prioriser.

Se spécialiser dans des produits à forte valeur ajoutée comme les matériaux de construction en bois massif, les carburants d'aviation durables et les véhicules électriques permettraient de hausser la productivité du travail (production par heure travaillée) et les investissements en R et D dans leurs secteurs principaux : fabrication de produits en bois (bois massif), fabrication de produits chimiques (carburants durables) et fabrication d'équipements de transport (VÉ et batteries). Des gains de productivité et de R et D sont également probables dans les secteurs connexes, tant en amont qu'en aval dans la chaîne d'approvisionnement.





Matériaux de construction en bois massif : Mieux valoriser le bois pour construire plus efficacement

Les matériaux de construction en bois massif représentent une occasion de croissance pour des produits du bois à forte valeur ajoutée qui contribuent à décarboner le secteur du bâtiment. Les structures en bois massif permettent de réduire le carbone intrinsèque des bâtiments de hauteur moyenne en remplaçant le béton et l'acier, tout en séquestrant ce carbone sur le long terme. Le bois massif comprend un ensemble de technologies relativement matures, utilisées à grande échelle depuis plusieurs décennies. Les panneaux de bois massif, notamment le bois lamellé-croisé, permettent d'accélérer la construction de bâtiments résidentiels multilogements grâce à la préfabrication et à l'assemblage modulaire sur site, réduisant ainsi les coûts et les délais de construction⁷³.

Le marché mondial du bois massif est estimé entre 1,6 et 2,3 milliards \$ (2023), dont 379 millions \$ pour la part canadienne⁷⁴, soit environ 20 % de l'estimation médiane. Les taux de croissance projetés pour le secteur en Amérique du Nord et à l'échelle mondiale sont de 13 à 14 % par an jusqu'en 2030, représentant une croissance prévue d'environ 150 %.

Le Canada possède la plus grande superficie de forêts certifiées au monde (158 millions d'hectares). Pourtant, le bois massif ne représente que 200 000 à 300 000 m³ par an, soit moins de 1 % de l'approvisionnement canadien en bois (résineux et feuillus), et seulement 1 à 2 % de la production nord-américaine de bois d'œuvre résineux (2021)⁷⁵. On dénombre au moins 23 installations de production de bois massif existantes ou en développement en Amérique du Nord, dont sept au Canada (Alberta, Colombie-Britannique, Manitoba, Ontario, Québec).

Le bois massif peut améliorer la productivité du secteur de la fabrication de produits en bois qui affiche une performance croissante mais encore modeste (hausse de 85 % entre 2000 et 2023, comparativement à 22 % pour l'ensemble des entreprises; une production de 60 \$/h en 2023, contre 59 \$ pour l'ensemble)⁷⁶.

Les secteurs à plus faible productivité, comme la foresterie et l'exploitation forestière (hausse de 85 % entre 2000 et 2023, comparativement à 22 % pour l'ensemble des entreprises; une production de 51 \$ par heure contre 59 \$ pour l'ensemble), peuvent tirer parti de leur rôle en amont en tant que fournisseurs de matières premières pour des matériaux de construction en bois massif à plus forte valeur ajoutée⁷⁷. De même, les secteurs en aval comme la construction, qui affichent une productivité faible⁷⁸ (49 \$ de production par heure en 2023, contre 59 \$ pour l'ensemble des entreprises) et en déclin (une baisse de 5,4 % entre 2000 et 2023, comparativement à une hausse de 22 % pour l'ensemble), peuvent réaliser des gains de productivité, notamment grâce à une réduction d'au moins 25 % du temps de construction des bâtiments grâce au bois massif⁷⁹.

L'innovation dans le domaine du bois massif peut également stimuler la performance en recherche et développement (R et D) dans des secteurs historiquement peu investis, comme :

- **la foresterie et l'exploitation forestière**, où les dépenses en R et D ont augmenté de seulement 17 % de 2015 à 2024, contre 83 % pour l'ensemble des industries, ce qui place ce secteur au 28^e rang sur 28 en 2024 en termes de dépenses absolues en R et D ;
- **la fabrication de produits en bois**, où les dépenses ont crû de 158 % de 2014 à 2024, comparativement à 81 % pour l'ensemble des industries, se classant 17^e sur 28 ;
- **le secteur de la construction**, qui a vu ses dépenses en R et D augmenter de 106 % de 2014 à 2024, ce qui le place 13^e sur 28 en 2024⁸⁰.

Le Canada possède une importante base de recherche en bois massif. Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) a mené des tests de démonstration sur la résistance au feu du bois massif, en partenariat avec le Conseil canadien du bois et d'autres partenaires privés et publics⁸¹. L'Institut du bois massif de l'Université de Toronto vise à positionner le Canada comme chef de file mondial en recherche appliquée, formation et exportation de solutions durables en bois massif, en collaboration avec les milieux universitaires, industriels et autochtones pour mener des activités de recherche appliquée dans les domaines prioritaires suivants : les chaînes d'approvisionnement durables en bois massif au Canada, la science du bâtiment, et la constructibilité⁸².

Les politiques publiques ont aussi joué un rôle structurant dans le développement de capacités avancées en fabrication de matériaux de construction modulaires en bois massif. Le rapport *L'état du bois massif au Canada* publié en 2021 par Ressources naturelles Canada, ainsi que la base de données associée, ont répertorié 750 projets en bois massif terminés ou en cours de construction entre 2007 et 2022 au pays⁸³. Des provinces comme l'Ontario et la Colombie-Britannique ont adopté des stratégies et réalisé des investissements ciblés⁸⁴.

Par exemple, l'Ontario a investi 3,46 M\$ dans Element5, premier fabricant certifié de bois lamellé-croisé dans la province, afin de tripler la capacité de production, créer 32 emplois, augmenter les revenus de plus de 300 % et les exportations de près de 600 %⁸⁵.

Des entreprises chefs de file étendent également leurs activités vers les produits modulaires et préfabriqués. Par exemple, l'entreprise Kalesnikoff, établie en Colombie-Britannique, a annoncé l'expansion de ses activités pour offrir davantage de matériaux de construction en bois massif modulaires et préfabriqués⁸⁶.



Carburants d'aviation durables : Valoriser les déchets forestiers, agricoles et municipaux en les transformant en carburants propres

Transformer les déchets forestiers, agricoles et municipaux en carburants d'aviation durables (SAF en anglais, pour Sustainable Aviation Fuels) permet d'enrichir la valeur de ces intrants tout en décarbonant le secteur aérien. Cela pourrait améliorer la productivité de secteurs historiquement peu performants comme la foresterie et l'exploitation forestière, dont la productivité a augmenté de 85 % entre 2000 et 2023, contre une hausse de 22 % pour l'ensemble du secteur des entreprises (51 \$ de production par heure contre 59 \$), ou la production agricole et animale en hausse de 91 % sur la même période, comparativement à 22 % pour l'ensemble du secteur (55 \$ de production par heure contre 59 \$)⁸⁷.

Le développement des carburants durables pourrait aussi stimuler la R et D dans ces secteurs, dont les performances sont parmi les plus faibles du pays. La foresterie et l'exploitation forestière ont vu leurs dépenses en R et D augmenter de 17 % entre 2015 et 2024 contre 83 % pour l'ensemble des industries (classée 28^e sur 28 en dépenses absolues de R et D en 2024) tandis que le secteur agricole (hors aquaculture) a connu une baisse de 1 % entre 2016 et 2024, contre une hausse de 76 % pour l'ensemble des industries (classée 18^e sur 28 en 2024).

Ce processus contribuerait également à renforcer la performance déjà élevée de secteurs comme la fabrication de produits chimiques, dont les dépenses en R et D ont augmenté de 55 % entre 2014 et 2024 (comparativement à 81 % pour l'ensemble des industries), ce qui la classe au 4^e rang sur 28 en 2024⁸⁸.

Une filière technologique prometteuse est la production de carburants durables à grande échelle à l'aide du procédé Fischer-Tropsch, qui convertit le gaz de synthèse issu de la gazéification de déchets de biomasse en hydrocarbures⁸⁹. Ce procédé est déjà en démonstration à grande échelle avec le soutien de subventions américaines adoptées sous l'administration Biden⁹⁰. Fischer-Tropsch constitue une piste clé pour produire des carburants durables tant à partir de biomasse (« biomass-to-liquid ») qu'à partir d'hydrogène et de CO₂ (« power-to-liquid »).

Le Canada bénéficie d'une solide base de recherche dans ce domaine. Le CNRC dispose de laboratoires et de chercheurs spécialisés en aviation durable⁹¹. Après avoir effectué le premier vol civil alimenté à 100 % par biocarburant en 2012⁹², le Laboratoire de recherche en vol de son Centre de recherche en aérospatiale a poursuivi les tests de carburants durables sur les traînées de condensation et les émissions⁹³.

Des centres universitaires comme l'Institut pour l'aviation durable de Waterloo et l'Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto mènent également des recherches avancées.

Des politiques publiques ont appuyé le développement industriel du procédé Fischer-Tropsch visant des carburants durables. En 2019, Ressources naturelles Canada a remis 7 M\$ à l'entreprise québécoise Enkern dans le cadre du « Défi Visez haut! » pour son procédé de transformation de la biomasse en carburants durables⁹⁴. Enkern combine désormais sa technologie de gazéification avec la technologie Fischer-Tropsch de Shell à Rotterdam⁹⁵.

En 2023, le Fonds stratégique pour l'innovation a annoncé un financement de 350 M\$ pour Initiative de technologie aéronautique durable, dont un axe est dédié aux carburants alternatifs⁹⁶.

Le Canada compte une forte cohorte d'entreprises innovantes dans le secteur des carburants durables, réunies au sein du Conseil canadien des carburants d'aviation durables (C-SAF)⁹⁷. Par exemple, l'entreprise Expander Energy, basée à Calgary, détient une technologie brevetée qui convertit la biomasse en kérosène synthétique à faible intensité carbone (SynJet®)⁹⁸.



Véhicules électriques et batteries : Rehausser la valeur des minéraux critiques en devenant chef de file en batteries de nouvelle génération

Bloomberg New Energy Finance prévoit que le marché mondial des batteries sera multiplié cinq entre 2024 et 2035, passant de 1 000 GWh/an à plus de 5 000 GWh/an⁹⁹. Le Canada possède d'importants gisements des minéraux critiques nécessaires aux véhicules électriques (ex. : 5^e producteur mondial de nickel, une des plus importantes réserves connues de terres rares)¹⁰⁰.

Renforcer l'innovation canadienne dans les technologies de batteries de nouvelle génération peut atténuer les risques liés aux droits de douane américains sur les véhicules électriques, alors que la stratégie actuelle repose fortement sur l'attraction de fabricants étrangers pour assembler des technologies de génération actuelle.

Un objectif a été défini dans le cadre de la Feuille de route pour la chaîne de valeur des batteries au Canada (Battery Metals Association of Canada, Energy Futures Lab, Alliance Accélérer) : produire 1,3 million de véhicules électriques au Canada d'ici 2030, ainsi que les matériaux bruts, métaux transformés et batteries représentant 100 GWh de capacité. Cette cible correspondrait à la part de 10 % que le Canada détient actuellement dans la fabrication automobile nord-américaine¹⁰¹.

Transformer les minéraux en technologies de batteries de nouvelle génération permettrait d'inverser la baisse de productivité dans des secteurs en amont comme la production de métaux non ferreux (sauf aluminium), dont la productivité a chuté de 53 % depuis 2000 (84 \$ par heure en 2023, toujours au-dessus de la moyenne de 59 \$)¹⁰².

Le leadership canadien dans le domaine des technologies liées aux batteries et aux véhicules électriques pourrait également stimuler la productivité dans les secteurs en aval, comme la fabrication de véhicules à moteur (qui a enregistré une baisse de 7 % depuis 2000, atteignant 74 \$ de production par heure en 2023, ce qui demeure supérieur à la moyenne de 59 \$ pour l'ensemble du secteur des entreprises cette même année) et la fabrication de pièces pour véhicules automobiles (dont la productivité a augmenté de 81 % depuis 2000 pour atteindre 88 \$ par heure en 2023)¹⁰³.

Les investissements en R et D pourraient croître dans les secteurs en amont comme la fabrication de métaux de base où les dépenses en R et D ont diminué de 33 % entre 2014 et 2024 (comparativement à une hausse de 81 % pour l'ensemble des industries), ce qui classe ce secteur au 14^e rang sur 30 en 2024. Il pourrait également favoriser les secteurs en aval comme la fabrication de véhicules automobiles, de carrosseries et remorques, et de pièces de véhicules automobiles, où les dépenses en R et D ont bondi de 328 % entre 2014 et 2024 (contre 81 % pour l'ensemble des industries), ce qui classe ce groupe de secteurs au 6^e rang sur 30 en 2024¹⁰⁴.

Deux technologies de rupture suscitent un grand intérêt : la batterie tout-solide (à électrolyte solide), ainsi que la batterie à anode de lithium et cathode de soufre. Elles ont été identifiées comme pistes permettant de dépasser les chimies dominées par la Chine. Par exemple, les batteries lithium-métal-soufre ne requièrent que le lithium, réduisant les coûts et les risques géopolitiques¹⁰⁵.

Des universitaires canadiens des universités de Calgary et de Waterloo ont réalisé des percées majeures à la fin des années 2000 dans le domaine de la batterie tout-solide et de la batterie au lithium-soufre¹⁰⁶. Des chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) poursuivent les avancées sur les cathodes au soufre à l'état solide dans le cadre du Battery Innovation Research Cluster¹⁰⁷. De leur côté, les chercheurs du Western Canada Battery Consortium and Innovation Hub de l'Université de Calgary mènent également des travaux sur les batteries à l'état solide et au lithium-soufre¹⁰⁸.

Des scientifiques fédéraux utilisent également des infrastructures de recherche financées par les gouvernements fédéral et provinciaux pour faire progresser ces technologies. Par exemple, des chercheurs du CNRC ont testé et amélioré la performance des batteries à l'état solide grâce aux installations du centre Canadian Light Source en Saskatchewan¹⁰⁹. Hydro-Québec joue aussi un rôle de chef de file en matière d'innovation dans la batterie tout-solide, en étant pionnière dans le développement d'anodes ultra-minces en lithium métallique et d'électrolytes solides à base de polymères¹¹⁰.

Les politiques publiques ont également appuyé des partenariats de recherche industrielle. Par exemple, le programme Next Generation Manufacturing Canada a financé une collaboration entre ElectroVaya (Mississauga) et Process Research Ortech pour industrialiser les procédés pilotes de batterie tout-solide¹¹¹. Le renforcement de ces capacités à grande échelle permet aux PME de se positionner comme fournisseurs de technologies auprès de grands manufacturiers étrangers, comme Volkswagen, qui a annoncé que son usine de batteries à St. Thomas, en Ontario, produira des batteries à électrolyte solide.¹¹²

En résumé, ces trois exemples d'opportunités de R et D collaborative doivent être soutenus par une approche de « chaîne de valeur complète ». Cela implique de favoriser la création d'écosystèmes d'innovation et de grappes régionales autour des entreprises canadiennes en forte croissance, à mesure qu'elles prennent de l'ampleur.

Cela suppose aussi d'identifier les opportunités d'innovation secondaires, en amont (ex. : traitement de la biomasse pour les carburants durables, ou des minéraux pour les batteries) et en aval (fabrication, logistique, applications). La R et D globale pourrait aussi être stimulée par des investissements dans des secteurs déjà performants comme la fabrication de produits chimiques (ex. : transformation des intrants pour les carburants durables), de machines (ex. : machine-outil à commande numérique pour bois massif) ou d'équipements de transport (ex. : composants de VÉ).

En résumé, le Canada doit prioriser les investissements dans les secteurs productifs qui seront essentiels à l'économie mondiale décarbonée. Des investissements dans des produits sobres en carbone à valeur ajoutée dans les mines, les carburants durables, la chimie verte, le bois massif et les métaux auront un impact direct sur la productivité.





4. L'approche : Une politique industrielle stratégique

Faire croître des champions nationaux grâce à une politique industrielle ciblée peut accroître la productivité, stimuler la R et D, soutenir les exportations et appuyer la décarbonation de l'économie canadienne.

Comme mentionné précédemment, l'économie canadienne s'est concentrée de plus en plus dans des secteurs à faible productivité multifactorielle (comme le pétrole et le gaz)¹¹³. Ainsi, la croissance de la production par heure travaillée échappe en grande partie à notre contrôle, étant plutôt dictée par les prix des matières premières que par la valeur ajoutée découlant de l'innovation. Il en résulte des décennies de piètre performance en matière de productivité.

Les entreprises en forte croissance (« scale-ups ») qui exportent sont les véritables moteurs méconnus de la croissance de la productivité. Elles excellent à transformer les investissements en recherche et développement (R et D) en produits innovants à forte valeur ajoutée. Cela se traduit par une forte productivité du travail et par une efficacité dans l'utilisation du capital (PMF).

Malheureusement, le Canada peine à faire émerger ce type d'entreprises. Ainsi, pour remédier à la crise de productivité, il est essentiel de faire croître les entreprises innovantes afin qu'elles deviennent des exportatrices mondiales de produits sobres en carbone à forte valeur ajoutée, qui seront de plus en plus recherchés à mesure que le monde s'engage à réduire ses émissions.






Les chercheurs en productivité s'entendent : pour obtenir les gains associés aux technologies propres, une intervention publique est nécessaire afin de guider l'innovation et aider à créer des marchés¹¹⁴. Cela permet de surmonter les défaillances de marché qui freinent les investissements sobres en carbone, comme l'atteinte d'économies d'échelle ou la valorisation de la R et D¹¹⁵.

À quoi ressemble concrètement une politique industrielle axée sur les « scale-ups » ? Le premier point à souligner est qu'une politique industrielle efficace ne doit pas nécessairement être coûteuse. Par exemple, l'ascension spectaculaire de Taïwan dans la fabrication de semi-conducteurs a coûté environ de 35 M\$ US à l'État, en moins d'une décennie, pour transformer complètement son économie¹¹⁶.

Plutôt que les dépenses, c'est la coordination qui constitue l'élément central de toute politique industrielle réussie. Cela implique de cibler des entreprises innovantes dans un secteur technologique stratégique, d'établir un dialogue continu pour comprendre leurs besoins évolutifs, et de mobiliser en permanence un éventail de leviers politiques afin de soutenir leur croissance.

Des pays comme les États-Unis, le Japon et la Corée ont utilisé des politiques industrielles pour aider des cohortes d'entreprises innovantes à surmonter les obstacles qui freinent leur expansion, les propulsant au rang de chefs de file mondiaux dans des domaines comme les véhicules électriques et le stockage d'énergie¹¹⁷.

Par exemple, le tableau présenté à la page suivante, extrait de la *Feuille de route canadienne pour l'innovation dans la filière batterie* publiée par l'alliance Accélérer en 2024, montre comment les pays meneurs en innovation dans le secteur des batteries ont recours à des politiques industrielles ciblées pour atteindre des objectifs précis. Ces politiques s'appuient sur un large éventail d'instruments, soutenus par un échange d'information robuste grâce à des forums de coordination public-privé¹¹⁸.

 Chine	 États-Unis	 Union Européenne	 Corée du Sud	 Japon
DÉFINITION DES OBJECTIFS				
Objectifs de production				
<ul style="list-style-type: none"> • Accroître la part locale des composants et matériaux essentiels à 40 % d'ici 2020 et à 70 % d'ici 2025 	<ul style="list-style-type: none"> • Capturer 60 % de la demande intérieure d'ici 2030 	<ul style="list-style-type: none"> • Capturer 90 % de la demande intérieure (550 GWh) d'ici 2030. • Cibles 2030 pour l'extraction (10 %), la transformation (40 %) et le recyclage (25 %) des minéraux critiques 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 % du marché mondial des batteries et 20 % du marché des matériaux/pièces/équipements d'ici 2030. • Quadrupler la capacité de production de cathodes et tripler les exportations d'équipement de fabrication en cinq ans 	<ul style="list-style-type: none"> • 600 GWh (ou 20 % de part du marché mondial des batteries) d'ici 2030. • Production locale de 150 GWh d'ici 2030
Objectifs d'innovation				
<ul style="list-style-type: none"> • Densité énergétique de prochaine génération de 500 Wh/kg d'ici 2025 	<ul style="list-style-type: none"> • Batteries à électrolyte solide et à anode lithium-métal à <60 \$/kWh, 500 Wh/kg, sans cobalt ni nickel d'ici 2030 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter la densité énergétique (+60 % par rapport à 2019) • Réduire les coûts de 60 % (p/r à 2019) • Au moins doubler la durée de vie des cycles (p/r à 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> • 800 km d'autonomie d'ici 2026 • Batteries lithium-soufre commercialisées d'ici 2025, batteries à électrolyte solide d'ici 2027, et lithium-métal d'ici 2028 • Recyclage de 100 % des batteries secondaires locales d'ici 2030 	<ul style="list-style-type: none"> • Commercialisation complète des batteries à électrolyte solide d'ici 2030
COMBINAISON DE POLITIQUES INDUSTRIELLES ET FORUMS DE COORDINATION				
Incitatifs à l'offre				
<ul style="list-style-type: none"> • Exigences de coentreprise pour les IDE • Investissements en R et D • Prêts pour la chaîne d'approvisionnement en minéraux 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonds de R et D du DoE • Programme de prêts du DoE • Crédits d'impôt IRA 	<ul style="list-style-type: none"> • R et D d'Horizon Europe • Banque européenne d'investissement • Projets importants d'intérêt européen commun 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonds de R et D de l'alliance publique-privée des batteries • Prêts et garanties pour minéraux critiques • Crédits d'impôt spécifiques aux batteries 	<ul style="list-style-type: none"> • Consortiums de R et D du NEDO
Stimulation de la demande				
<ul style="list-style-type: none"> • Appels d'offres pour le transport en commun • Subventions à l'achat • Norme VZÉ avec crédits pour VÉ 	<ul style="list-style-type: none"> • Seuils locaux pour les subventions pour VÉ de l'IRA 	<ul style="list-style-type: none"> • Seuils locaux pour les chaînes d'approvisionnement • Fit-for-55 2035 (fin des ventes de véhicules à essence) • Règlement européen sur les batteries 	<ul style="list-style-type: none"> • Critères techniques d'admissibilité aux subventions pour les véhicules électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Investissements dans les infrastructures de recharge
Coordination public-privé				
<ul style="list-style-type: none"> • China EV100 	<ul style="list-style-type: none"> • Li-bridge 	<ul style="list-style-type: none"> • Alliance européenne pour les batteries • InnoEnergy • BATT4EU 	<ul style="list-style-type: none"> • Alliance coréenne pour les batteries 	<ul style="list-style-type: none"> • Conseil stratégique de l'industrie japonaise des batteries

À quoi pourrait ressembler une version canadienne de cette approche ? Les éléments fondamentaux d'une stratégie industrielle canadienne à forte valeur ajoutée et à faibles émissions s'appuient sur les principes d'une politique industrielle moderne et efficace¹¹⁹.

Les éléments clés sont les suivants :

1. Fixer des cibles économiques audacieuses et claires pour orienter la stratégie dans les secteurs d'opportunité prioritaires

- Le Canada devrait se doter d'« objectifs de compétitivité sobre en carbone ». Ici, « objectifs » signifie des cibles économiques quantitatives, associées à des actions concrètes : amélioration, production et déploiement de technologies. « Sobre en carbone » fait référence à des objectifs précis de réduction des émissions. « Compétitivité » implique une vision du positionnement stratégique du Canada dans les chaînes d'approvisionnement mondiales de 2030 et 2050.
- Ces objectifs doivent s'appuyer sur un positionnement stratégique fondé sur les avantages compétitifs des ressources, des entreprises et des communautés canadiennes.
- Les objectifs doivent être appuyés par une stratégie claire de chaîne d'approvisionnement visant à créer de la valeur économique au Canada, tout en identifiant les débouchés à l'exportation.
- Ces objectifs doivent aussi guider l'allocation des fonds publics et la conception des politiques sectorielles.

Un excellent point de départ pour choisir ces cibles est constitué par les feuilles de route élaborées conjointement avec l'industrie par l'Accélérateur de transition : la *Feuille de route sur le bois massif* (2024) élaborée avec l'Association des produits forestiers du Canada et le Conseil canadien du bois¹²⁰ ; la *Feuille de route C-SAF* du Conseil canadien pour les carburants d'aviation durables (2023)¹²¹ ; la *Feuille de route canadienne pour l'innovation dans la filière batterie* publiée par l'alliance Accélérer (2024)¹²² ; et la *Feuille de route pour la chaîne de valeur des batteries au Canada* de l'Association des métaux pour batteries du Canada (2022)¹²³.

Véhicules électriques	Carburants d'aviation durables	Matériaux de construction en bois massif
DÉFINITION DES OBJECTIFS		
<ul style="list-style-type: none"> • D'ici 2030, le Canada produira 1,3 million de véhicules électriques (10 % du total nord-américain), ainsi que les matières premières, les métaux transformés et les batteries correspondant à une capacité de 100 GWh. • D'ici 2035, multiplier par dix le nombre d'entreprises canadiennes dans le secteur des batteries, pour atteindre une contribution de 20 % à la chaîne de valeur nord-américaine. • D'ici 2035, obtenir 1 000 brevets en technologies de batteries. • Former et intégrer plus de 10 000 professionnels qualifiés dans l'industrie canadienne des batteries d'ici 2035, avec un minimum de 500 diplômés par année provenant de programmes de formation spécialisés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produire un milliard de litres de carburants d'aviation durables d'ici 2030 (10 % de la consommation de carburant d'aviation au Canada), réduire d'au moins 50 % les émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie par rapport au carburant conventionnel, ce qui représenterait une réduction d'environ 1,6 million de tonnes de GES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter la valeur du marché du bois massif à 1,2 milliard \$ d'ici 2030, puis le doubler à 2,4 milliards \$ d'ici 2035, avec le secteur canadien représentant 25 % du marché mondial du bois lamellé-croisé.

2. Créer des partenariats inclusifs pour favoriser la collaboration stratégique

- La politique industrielle canadienne devrait reposer sur de nouvelles formes de collaboration entre les communautés autochtones, les gouvernements, l'industrie, les universités, le secteur financier et la société civile.
- Les forums collaboratifs ne doivent pas se limiter à la discussion : ils doivent définir des cibles, élaborer des stratégies, lancer des projets et cibler les investissements prioritaires.
- Les courtiers et les intermédiaires indépendants jouent un rôle essentiel dans la réussite des efforts de collaboration. Il est important d'outiller et valoriser les voix indépendantes capables d'apporter leur expertise et de contribuer au développement de projets. Une entité indépendante pourrait relever du gouvernement, à condition d'être à l'abri des pressions politiques et des lourdeurs bureaucratiques. Elle pourrait aussi provenir de la société civile. Ou encore, il pourrait s'agir de véritables partenariats public-privé, des organisations créées expressément pour favoriser une collaboration stratégique dans des domaines technologiques précis.



3. Aligner les instruments de politique publique

Une fois les objectifs définis et les partenariats établis, la tâche finale consiste à mobiliser une politique industrielle pangouvernementale capable de soutenir la croissance des entreprises canadiennes innovantes. Les échanges d'information continus entre les secteurs public et privé, facilités par les partenariats collaboratifs, sont essentiels pour s'assurer que la diversité d'outils politiques répartis entre les différents ministères (et paliers de gouvernement) soit déployée de manière à répondre aux besoins évolutifs des entreprises canadiennes à mesure qu'elles se développent.

« Soutenir les start-ups et encourager l'adoption à grande échelle sans appuyer la croissance de ces entreprises revient à favoriser l'émergence de jeunes pousses prometteuses qui seront ensuite acquises par des firmes étrangères, lesquelles feront croître ces technologies dans des pays qui offrent de meilleurs soutiens à la croissance. »

Trop souvent, les discussions au Canada sur la politique industrielle dans le contexte de la carboneutralité se concentrent uniquement sur des projets de développement économique particuliers (comme l'attraction d'investissements pour des usines de batteries), des instruments politiques spécifiques (comme les crédits d'impôt pour l'investissement en capital ou en R et D), ou des objectifs environnementaux spécifiques (comme la production d'énergie propre ou la décarbonation des secteurs à fortes émissions). Bien que ces activités puissent entraîner des gains de productivité marginaux (par exemple, l'utilisation de technologies étrangères pour produire de l'énergie propre plus efficacement ou pour décarboner des installations existantes), assurer la prospérité à long terme du Canada signifie que toutes ces activités doivent être alignées sur un objectif

global : faire croître les entreprises canadiennes innovantes jusqu'à ce qu'elles deviennent de grands exportateurs capables de s'imposer sur les marchés mondiaux dans les technologies propres stratégiques.

La politique actuelle du Canada met principalement l'accent sur le soutien à la R et D en phase de démarrage dans les technologies propres (soutien aux « start-ups »), l'attraction d'investissements de grandes entreprises étrangères pour la construction d'usines (attraction des investissements), et l'adoption de technologies propres existantes, peu importe si elles proviennent du Canada ou de l'étranger (projets de décarbonation). Soutenir les start-ups et encourager l'adoption à grande échelle sans appuyer la croissance de ces entreprises revient à favoriser l'émergence de jeunes pousses prometteuses qui seront ensuite acquises par des firmes étrangères, lesquelles feront croître ces technologies dans des pays qui offrent de meilleurs soutiens à la croissance.

L'ironie, c'est que ces firmes étrangères bénéficient ensuite du soutien des politiques canadiennes pour l'adoption de technologies propres et pour la décarbonation, une fois la technologie canadienne perfectionnée et commercialisée. Cela souligne l'importance de soutenir la croissance locale des « scale-ups », notamment à travers la protection de la propriété intellectuelle, afin qu'elles puissent se positionner librement sur des marchés mondiaux très concurrentiels, où les acteurs dominants cherchent à verrouiller leur position par des « enchevêtrements de brevets¹²⁴ ».

À l'inverse, les pays chefs de file mentionnés plus tôt complètent leur soutien aux entreprises en démarrage et aux projets de décarbonation par un appui à la croissance. Cela prend la forme de l'octroi de « capital patient », soit des prêts et des subventions importants pour le déploiement de technologies de première génération, de l'utilisation des achats publics stratégiques pour générer des revenus permettant aux entreprises de franchir la « vallée de la mort » commerciale, ainsi que de services de soutien pour protéger la propriété intellectuelle et ouvrir les marchés. Cela inclut la promotion de l'intégration des technologies nationales dans les organismes internationaux de normalisation et de réglementation.

Par exemple, la Bipartisan Infrastructure Law (BIL) et la Inflation Reduction Act (IRA) des États-Unis ont permis de consacrer plus de 26 milliards de dollars américains à la création du Office of Clean Energy Demonstrations (OCED) du département de l'Énergie, en réponse au besoin de démonstrations à grande échelle de technologies pionnières (comme le programme de pôles d'hydrogène)¹²⁵.

Les États-Unis soutiennent également la prise de position technologique précoce à grande échelle dans les carburants d'aviation durables¹²⁶ grâce aux prêts et garanties de prêt du Loan Program Office du département de l'Énergie,

dont la capacité de financement a été portée à environ 412 milliards de dollars américains par l'IRA¹²⁷. Ces prêts ont joué un rôle déterminant dans le succès d'entreprises américaines comme Tesla, en leur permettant de franchir la vallée de la mort commerciale¹²⁸.

Le tableau à la page suivante résume certaines des principales recommandations politiques, du côté de l'offre comme de la demande, tirées des feuilles de route élaborées en collaboration avec l'industrie par l'Accélérateur de transition dans les secteurs des véhicules électriques, des carburants d'aviation durables et des matériaux de construction en bois massif.

Véhicules électriques	Carburants d'aviation durables	Matériaux de construction en bois massif
DÉFINITION DES OBJECTIFS		
Objectifs de production		
<ul style="list-style-type: none"> • Structuration des aides financières pour les VÉ afin de soutenir les entreprises et technologies canadiennes, et de favoriser les projets de démonstration à grande échelle. • Stratégie nationale en matière de propriété intellectuelle (PI) incluant pôles de brevets, soutien à l'éducation, financement pour les PME et traitement accéléré des brevets pour les technologies critiques. • Programmes de formation renforçant les partenariats avec les établissements d'enseignement. • Expansion des centres de recherche, mise en place d'installations de démonstration, et développement des laboratoires nationaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aides financières à la production pour rétablir les conditions concurrentielles sur un pied d'égalité avec le diesel renouvelable. • Taux d'intérêt préférentiels pour les installations de SAF via le Fonds de croissance du Canada ou la Banque de l'infrastructure du Canada. • Soutien RD&D (entre 200 M\$ et 1 G\$) pour des installations commerciales de démonstration et les premières phases commerciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Subvention pour le carbone intrinsèque offerte par la Banque de l'infrastructure du Canada, calculée au m² et inspirée de son programme de rénovation. • Crédit d'impôt à l'investissement ou à la production pour les matériaux de construction à faible intensité carbone. • Financement à faible coût, garanties de prêt, subventions et prises de participation.
Objectifs d'innovation		
<ul style="list-style-type: none"> • Simplifier les processus réglementaires pour les nouvelles technologies de batteries. • Partenariats internationaux pour les normes et la formation. • Élaborer de nouvelles normes pour les matériaux de batterie de nouvelle génération. • Stimuler les exportations via le soutien d'Exportation et développement Canada et d'Affaires mondiales Canada. • Approvisionnement en batteries/VÉ canadiens de prochaine génération. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrats sur différence afin de garantir les unités de conformité du Règlement sur les combustibles propres. • Exempter les SAF de la tarification carbone. • Harmonisation des cadres de certification et des méthodes de comptabilisation des SAF. • Création d'un registre canadien des SAF avec traçabilité. • Programmes d'approvisionnement pour les flottes fédérales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réglementations sur le carbone intrinsèque et modifications progressives du code du bâtiment pour stimuler la demande en matériaux de bois massif. • Norme d'approvisionnement donnant priorité au bois visant l'utilisation du bois massif dans les bâtiments du secteur public.

La politique industrielle devrait coordonner les instruments de politique économique du côté de l'offre et de la demande afin de stimuler l'innovation à la fois dans l'extraction des ressources naturelles et dans la transformation ou la fabrication à valeur ajoutée des technologies propres. Cela suppose une approche fondée sur l'ensemble de la chaîne de valeur, visant à renforcer l'excellence technique à toutes les étapes de la production, de l'extraction des ressources jusqu'à la fabrication.

Il s'agit d'utiliser les leviers politiques pour faire croître les entreprises autant dans les maillons en amont (comme l'exploitation minière, les équipements et techniques d'extraction) que dans les maillons en aval (comme la transformation des minéraux critiques et la fabrication de batteries)¹²⁹.

Cette approche permettra de stimuler la productivité grâce aux produits innovants à forte valeur ajoutée créés par une nouvelle génération de « scale-ups » canadiennes.

5. La conclusion

Ce rapport a proposé une stratégie industrielle visant à faire croître les fournisseurs canadiens de technologies sobres en carbone, afin de répondre au double objectif de décarbonation et de compétitivité économique propulsée par la productivité.

Le Canada peut réduire sa dépendance et l'incertitude liée aux énergies à forte intensité carbone et s'attaquer à la crise de productivité en aidant ses entreprises à prendre le leadership technologique dans des produits à forte valeur ajoutée, dont le monde aura besoin dans les décennies à venir pour atteindre la carboneutralité.

Le rapport met en lumière l'importance d'analyser la crise de productivité du Canada à travers le prisme de l'économie réelle et des différences entre les secteurs. Cette perspective permet de constater que les données agrégées peuvent être trompeuses et qu'elles risquent d'empêcher l'émergence de discussions ciblées sur des réformes propres à certains secteurs. Ces réformes devraient compléter les solutions générales habituellement proposées pour stimuler la productivité, telles que les incitatifs fiscaux, la réduction des formalités administratives, l'intensification de la concurrence et l'amélioration du commerce interprovincial.

Bien que des politiques-cadres puissent s'avérer utiles, il est également nécessaire de porter attention aux secteurs ayant un fort potentiel de croissance à long terme des secteurs dominés par les nouvelles énergies propres et les matériaux durables. Le Canada dispose de nombreuses occasions de faire croître ces technologies et filières émergentes en ajoutant de la valeur à ses ressources naturelles. Cela renforcerait son leadership en matière de technologies propres, tout en générant des gains de productivité à chaque maillon de la chaîne d'approvisionnement. Une telle approche favoriserait également le développement économique régional. Par exemple, le développement des minéraux critiques pourrait permettre à des régions comme le Grand Sudbury de devenir des pôles d'exportation de solutions minières innovantes, d'équipements spécialisés et d'expertise¹³⁰.

Il faudra maintenant procéder à des travaux de modélisation économique pour quantifier les retombées potentielles sur l'investissement, sur la productivité et sur la performance macroéconomique de politiques industrielles ciblées dans :

- les véhicules électriques, les batteries et les minéraux critiques ;
- les matériaux de construction en bois massif et la construction modulaire ;
- les carburants d'aviation durables.

Références

- 1 La productivité du travail dans la fabrication de produits en bois (59,6 \$) est légèrement supérieure à la moyenne (59,1 \$).
- 2 <https://www.cbc.ca/news/politics/trump-tariff-march-4-1.7469928>
- 3 <https://irpp.org/research-studies/reducing-canada-vulnerability-to-us-tariffs/> ; <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-now-is-the-winter-of-canadas-economicreckoning>; <https://cleanenergycanada.org/report/the-world-next-door>
- 4 Données 2022 : <https://ressources-naturelles.canada.ca/science-donnees/donnee-analyse/10-faits-ressources-naturelles-canada-2023>
- 5 Données 2022 : <https://ressources-naturelles.canada.ca/science-donnees/donnee-analyse/10-faits-ressources-naturelles-canada-2023>
- 6 Données 2023 : <https://oec.world/en/profile/country/can>
- 7 <https://ressources-naturelles.canada.ca/carte-outils-publications/publications/commerce-mineraux#details-panel1>
- 8 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11f0019m/11f0019m2020002-fra.htm>
- 9 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11f0019m/11f0019m2020002-fra.htm>
- 10 <https://ppforum.ca/policy-speaking/alvaro-santos-pereira/>
- 11 Centre for the Study of Living Standards: https://www.csls.ca/ipm/45/IPM_45_Haun.pdf
- 12 Centre for the Study of Living Standards: https://www.csls.ca/ipm/45/IPM_45_Haun.pdf
- 13 Centre for the Study of Living Standards: https://www.csls.ca/ipm/45/IPM_45_Haun.pdf
- 14 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-631-x/11-631-x2024005-fra.htm>
- 15 <https://www.oecd.org/fr/data/indicators/multifactor-productivity.html>
- 16 <https://www.oecd.org/fr/data/indicators/multifactor-productivity.html>
- 17 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-how-canadas-middle-class-got-shafted/>
- 18 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-how-canadas-middle-class-got-shafted/>
- 19 Centre for the Study of Living Standards: https://www.csls.ca/ipm/45/IPM_45_Haun.pdf
- 20 <https://www.oecd.org/fr/data/indicators/multifactor-productivity.html>
- 21 <https://ppforum.ca/policy-speaking/alvaro-santos-pereira/>
- 22 <https://ppforum.ca/policy-speaking/alvaro-santos-pereira/>
- 23 <https://ppforum.ca/policy-speaking/alvaro-santos-pereira/>
- 24 <https://www.thebusinesscouncil.ca/fr/rapport/moteurs-de-croissance/>
- 25 <https://www.thebusinesscouncil.ca/fr/rapport/moteurs-de-croissance/>
- 26 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11f0019m/11f0019m2020002-fra.htm>
- 27 Note : Dollars enchaînés (2017) par heure. La productivité du travail correspond au ratio entre la valeur ajoutée réelle et les heures travaillées. La valeur ajoutée réelle, pour chaque industrie et chaque agrégat, est calculée à partir d'un indice en chaîne de Fisher. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3610048001&request_locale=fr
- 28 https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610048001&request_locale=fr
- 29 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-canadas-productivity-problem-isnt-that-big-if-we-exclude-oil/>
- 30 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-canadas-productivity-problem-isnt-that-big-if-we-exclude-oil/>

- 31 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-canadas-productivity-problem-isnt-that-big-if-we-exclude-oil/>
- 32 Il est relativement simple d'estimer la productivité du travail — en divisant la valeur ajoutée par l'apport en main-d'œuvre (nombre de travailleuses et travailleurs, ou heures travaillées). Il est toutefois beaucoup moins évident d'y intégrer une estimation de la quantité de capital utilisée dans la production. L'estimation de la productivité multifactorielle (PMF) repose donc sur un plus grand nombre d'hypothèses, que ce soit par décomposition ou par des méthodes économétriques. Un défi particulier réside dans la prise en compte de la qualité ou du niveau technologique du capital.
- 33 Note : Les données de 2018 sont les plus récentes utilisées par les auteurs dans leur article publié dans The Globe and Mail (<https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-canadas-productivity-problem-isnt-that-big-if-we-exclude-oil/>) ainsi que dans leur article académique (https://oliverdl.com/files/cje_wp.pdf)
- 34 <https://www.banqueducanada.ca/2024/05/note-analytique-personnel-2024-12/>
- 35 Cette interprétation concorde également avec les estimations plus récentes de la productivité multifactorielle publiées par Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610020801&pickMembers%5B0%5D=2.1&cubeTimeFrame.startYear=2000&cubeTimeFrame.endYear=2023&referencePeriods=20000101%2C20230101&request_locale=fr
- 36 Innovation Policy Lab: <https://dais.ca/reports/scale-up-verse/>
- 37 Innovation Policy Lab: <https://dais.ca/reports/scale-up-verse/>
- 38 Innovation Policy Lab: <https://dais.ca/reports/scale-up-verse/>
- 39 ISDE : <https://ised-isde.canada.ca/site/innover-meilleur-canada/fr/suivi-progres-resultats-plan-pour-linnovation-competences>
- 40 Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/241106/dq241106c-fra.htm>
- 41 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-631-x/11-631-x2024005-fra.htm>
- 42 <https://www.oecd.org/fr/themes/productivite-et-dynamisme-des-entreprises.html>
- 43 <https://www.oecd.org/fr/themes/productivite-et-dynamisme-des-entreprises.html>
- 44 <https://ppforum.ca/policy-speaking/alvaro-santos-pereira/>
- 45 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11f0019m/11f0019m2020002-fra.htm>
- 46 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11f0019m/11f0019m2020002-fra.htm>
- 47 <https://www.productivity.ac.uk/wp-content/uploads/2021/09/WP009-Productivityopportunities-and-risks-Transitions-scoping-paper-FINAL.pdf> p. 2
- 48 <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023?language=fr>
- 49 https://www.csls.ca/ipm/45/IPM_45_Barr.pdf
- 50 Cette définition est utilisée dans l'Enquête sur les biens et services environnementaux ainsi que dans le Compte économique des produits des technologies propres et de l'environnement de Statistique Canada. Ce secteur ne correspond pas directement aux codes du SCIAN. Jiang, K. (2023). Le secteur canadien de l'environnement et des technologies propres (2021), Bureau de l'économiste en chef, Affaires mondiales Canada. <https://www.international.gc.ca/trade-commerce/economist-economiste/analysis-analyse/ect-etp.aspx?lang=fra>
- 51 La base de données BIGS de Statistique Canada recense 123 programmes d'innovation offerts par 18 ministères fédéraux, dont 15 programmes spécifiquement axés sur les technologies propres. Carta, M. et F. Demers (2023). Analyse du soutien fédéral à l'innovation et à la croissance des entreprises dans le domaine des technologies propres, de 2016 à 2020, Analyses en bref, Statistique Canada, ISSN 1707-0503, ISBN 978-0-660-49328-2. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-621-m/11-621-m2023011-fra.htm>
- 52 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-how-canadas-middle-class-got-shafted/>
- 53 Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/36-28-0001/2024007/article/00002-fra.htm>
- 54 OCDE : <https://www.oecd.org/fr/data/datasets/science-technology-and-innovation-scoreboard.html>
- 55 <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/240919/dq240919b-fra.htm>
- 56 <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/spending-on-energy-r-and-d-by-listed-companies-2015-2022>

- 57 <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-technology-rdd-budgets-data-explorer>
- 58 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-despite-its-shortcomings-canada-is-not-an-economic-basket-case/>
- 59 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-despite-its-shortcomings-canada-is-not-an-economic-basket-case/>
- 60 Baldwin, J. et Yan, B. (2015). « Empirical Evidence from Canadian Firm-level Data on the Relationship between Trade and Productivity Performance. »
- 61 <https://www.edc.ca/fr/blogue/les-exportateurs-canadiens-reussissent-mieux.html>
- 62 <https://www.thebusinesscouncil.ca/fr/rapport/moteurs-de-croissance/>
- 63 https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1210009801&cubeTimeFrame.startYear=2012&cubeTimeFrame.endYear=2023&referencePeriods=20120101%2C20230101&request_locale=fr
- 64 https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1210009801&cubeTimeFrame.startYear=2012&cubeTimeFrame.endYear=2023&referencePeriods=20120101%2C20230101&request_locale=fr
- 65 Calculs effectués par le Bureau de l'économiste en chef. Note : Les technologies propres ne font pas partie du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), mais constituent une agrégation spéciale issue de l'enquête. Données de 2020 : <https://www.international.gc.ca/trade-commerce/economist-economiste/analysis-analyse/ect-etp.aspx?lang=fra>
- 66 Ibid.
- 67 Bentley Allan a effectué une revue des études existantes sur les occasions pour le Canada dans la perspective de la carboneutralité. Les résultats confirment la pertinence des secteurs retenus. Voir notamment :
 - Allan, Bentley et al. (2022). L'avenir du Canada dans un monde carboneutre : Assurer la place du Canada dans l'économie verte mondiale. <https://institute.smartprosperity.ca/publications/CanadasFuture>
 - Institut canadien pour des choix climatiques (2021). Ça passe ou ça casse : Transformer l'économie canadienne pour un monde sobre en carbone. <https://institutclimatique.ca/reports/ca-passe-ou-ca-casse/>
 - BCG (2021). Le Canada peut devenir un chef de file mondial. <https://www.bcg.com/en-ca/publications/2021/canada-can-lead-in-low-carbon-technology>
 - Duruflé, G. et Carbonneau, L. (2016). Vers une économie canadienne plus propre et plus innovante. Technologies du développement durable Canada et Cycle Capital Management
 - RBC Économie (2021). Changement de cap : La place du Canada dans une économie mondiale en transformation. <https://royal-bankof-canada-2124.docs.contently.com/v/trading-places-canadas-place-in-a-changing-global-economy-pdf>
 - RBC Économie (2021). Une transition à 2 billions de dollars: Vers un Canada à zéro émission nette. <https://www.rbc.com/fr/leadership-avise/recherche-economique/logement-au-canada/accessibilite-a-la-proprieete/une-transition-a-2-billions-de-dollars/>
 - Conseil stratégique de l'industrie du Canada (2020). Redémarrer, relancer, repenser la prospérité de tous les Canadiens : Un plan de croissance ambitieux pour bâtir une économie numérique, durable et innovante. https://ised-isde.canada.ca/site/innovat-meilleur-canada/sites/default/files/attachments/00118a_fr.pdf
- 68 <https://accelerateurdetransition.ca/rapports/des-electrons-des-roches-et-des-cerveaux/> ; https://ised-isde.canada.ca/site/innovation-better-canada/sites/default/files/attachments/00118a_en.pdf
- 69 <https://accelerateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-le-bois-massif/>
- 70 <https://accelerateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-du-c-saf/>
- 71 <https://bir.accelerervze.ca/home>
- 72 <https://accelerateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-la-chaine-de-valeur-des-batteries-au-canada-2/>
- 73 <https://accelerateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-le-bois-massif/>

- 74 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-le-bois-massif/>
- 75 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-le-bois-massif/>
- 76 Données de 2023 : en dollars enchaînés de 2017 par heure. La productivité du travail correspond au ratio entre la valeur ajoutée réelle et le nombre d'heures travaillées. La valeur ajoutée réelle, pour chaque industrie et chaque agrégat, est calculée à partir d'un indice en chaîne de Fisher. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3610048001&request_locale=fr
- 77 Ibid.
- 78 Ibid.
- 79 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-le-bois-massif/>
- 80 Données 2024 : Dépenses totales en recherche et développement interne. Codes SCIAN à trois chiffres, excluant les secteurs des services. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=2710033301&request_locale=fr
- 81 <https://firetests.cwc.ca/wp-content/uploads/2022/07/Mass-Timber-Fire-Demonstration-Test-Summary.pdf>
- 82 <https://academic.daniels.utoronto.ca/masstimberinstitute/>
- 83 <https://ressources-naturelles.canada.ca/forets-foresterie/construction-bois-massif-canada>
- 84 <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/construction-industry/mass-timber/mass-timber-action-plan>
- 85 <https://news.ontario.ca/fr/release/1004878/ontario-investit-35-millions-de-dollars-dans-un-manufacturier-de-bois-massif-pour-construire-plus-de-residences-plus-vite>
- 86 <https://www.woodbusiness.ca/kalesnikoff-to-build-new-mass-timber-mill-in-b-c/>
- 87 Données 2023 : en dollars enchaînés de 2017 par heure. La productivité du travail correspond au ratio entre la valeur ajoutée réelle et le nombre d'heures travaillées. La valeur ajoutée réelle, pour chaque industrie et chaque agrégat, est calculée à partir d'un indice en chaîne de Fisher. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3610048001&request_locale=fr
- 88 Données 2024 : Dépenses totales en recherche et développement interne. Première année disponible utilisée pour les secteurs de la foresterie et de l'agriculture. Codes SCIAN à trois chiffres, excluant les secteurs des services. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=2710033301&request_locale=fr
- 89 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-du-c-saf/>
- 90 https://www.energy.gov/eere/bioenergy/sustainable-aviation-fuel-grand-challenge?nrg_redirect=472662#!divAbstract
- 91 <https://nrc.canada.ca/fr/recherche-developpement/recherche-collaboration/aviation-durable>
- 92 <https://nrc.canada.ca/fr/recherche-developpement/recherche-collaboration/cnrc-pilote-premier-jet-civil-au-monde-alimente-uniquement-biocarburant>
- 93 <https://nrc.canada.ca/fr/histoires/conseil-national-recherches-canada-etudie-trainees-condensation-carburants-aviation-durables>
- 94 <https://impact.canada.ca/fr/node/2021>
- 95 <https://enerkem.com/newsroom/from-waste-to-chemicals-to-waste-to-jet>
- 96 <https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2023/06/le-canada-investit-350-millions-de-dollars-dans-un-reseau-national-dinnovation-pour-laviation-durable.html>
- 97 <https://c-saf.ca/category/launch-members/technology/>
- 98 <https://www.expanderenergy.com/technology-expander-energy/>
- 99 <https://bir.accelerervze.ca/home>
- 100 <https://canada-us-trade.acceleratezev.ca/>
- 101 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-la-chaine-de-valeur-des-batteries-au-canada-2/>

- 102 Données 2023 : en dollars enchaînés de 2017 par heure. La productivité du travail correspond au ratio entre la valeur ajoutée réelle et le nombre d'heures travaillées. La valeur ajoutée réelle, pour chaque industrie et chaque agrégat, est calculée à partir d'un indice en chaîne de Fisher. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3610048001&request_locale=fr
- 103 Ibid.
- 104 Données 2024 : Dépenses totales en recherche et développement interne. Secteurs des services exclus. Codes SCIAN à trois chiffres, sauf pour les secteurs suivants présentés à quatre chiffres : fabrication de véhicules automobiles, de carrosseries et de remorques ; fabrication de produits et de pièces aéronautiques ; et fabrication d'autres types de matériel de transport. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=2710033301&request_locale=fr
- 105 <https://carnegieendowment.org/research/2024/09/energy-innovation-us-industrial-stature?lang=en¢er=russia-eurasia>
- 106 <https://bir.accelerervze.ca/home>
- 107 <https://battery-innovation.ok.ubc.ca/research/technology-development/>
- 108 <https://electricautonomy.ca/ev-supply-chain/batteries/2024-01-15/exclusive-western-canada-battery-lab/>
- 109 <https://www.lightsource.ca/public/news/2023-24-q4-jan-march/findings-pave-way-for-longer-lasting-solid-state-batteries.php>
- 110 <https://www.hydroquebec.com/ce-electrification-transports-stockage-energie/axes-de-recherche.html>
- 111 <https://ised-isde.canada.ca/site/grappes-dinnovation-mondiales/fr/projets-grappes-canada>
- 112 <https://financialpost.com/commodities/vw-plans-to-make-solid-state-batteries-ontario>
- 113 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-canadas-productivity-problem-isnt-that-big-if-we-exclude-oil/>
- 114 <https://www.productivity.ac.uk/wp-content/uploads/2021/09/WP009-Productivityopportunities-and-risks-Transitions-scoping-paper-FINAL.pdf> p. 2
- 115 <https://www.productivity.ac.uk/wp-content/uploads/2021/09/WP009-Productivityopportunities-and-risks-Transitions-scoping-paper-FINAL.pdf> p. 2
- 116 Breznitz, D. (2021). Innovation in real places: Strategies for prosperity in an unforgiving world. Oxford University Press, États-Unis. Voir page 81.
- 117 <https://www.isi.fraunhofer.de/en/presse/2024/presseinfo-02-internationale-batteriepolitik-strategien-der-fuehrenden-laender.html>
- 118 <https://bir.accelerervze.ca/home>
- 119 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-la-chaine-de-valeur-des-batteries-au-canada-2/>
- 120 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-le-bois-massif/>
- 121 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-du-c-saf/>
- 122 <https://bir.accelerervze.ca/home>
- 123 <https://accélérateurdetransition.ca/rapports/feuille-de-route-pour-la-chaine-de-valeur-des-batteries-au-canada-2/>
- 124 <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-productivity-productivity-why-canada-keeps-talking-about-it-but-sees/>
- 125 <https://www.energy.gov/oced/office-clean-energy-demonstrations>
- 126 <https://www.canarymedia.com/articles/air-travel/doe-makes-3b-commitment-to-two-sustainable-aviation-fuel-projects>
- 127 <https://www.canarymedia.com/articles/air-travel/doe-makes-3b-commitment-to-two-sustainable-aviation-fuel-projects>
- 128 <https://www.energy.gov/lpo/tesla>
- 129 <https://rabble.ca/economy/staple-theory-50-why-linkages-matter/>
- 130 <https://munkschool.utoronto.ca/media/7030/download?inline=/download>