

EXAMEN DES OBSTACLES AUX PROJETS INÉDITS DE COMBUSTIBLES PROPRES AU CANADA

Jared Forman

SOMMAIRE

Les interventions gouvernementales en faveur des projets de croissance propre gagneraient en efficacité et en efficience si elles se concentraient sur les défaillances du marché et des politiques.

Les projets – y compris les projets de combustibles propres – qui utilisent des technologies émergentes peinent à attirer des capitaux privés. Les firmes et les investisseurs sont bien outillés pour gérer les risques commerciaux courants. Cependant, lorsque les obstacles relèvent du marché ou des politiques, ce sont les gouvernements qui peuvent intervenir grâce à des politiques bien conçues.

Les combustibles propres ont le potentiel de rapprocher le Canada de ses objectifs climatiques et d'un avenir économique prospère et sobre. Pour nombre de secteurs difficiles à décarboniser, les combustibles propres pourraient être le moyen le plus abordable vers la décarbonisation, voire le seul moyen viable. Leur rôle pourrait être tout aussi important dans d'autres secteurs, et ils permettraient de générer des emplois stables et bien rémunérés, de nouveaux débouchés d'exportation et un important investissement direct étranger.

Le Canada est bien placé pour être un leader dans le développement et la production de combustibles propres. Il pourrait devenir un chef de file du domaine. Entre autres qualités, le pays se trouve à l'intersection de plusieurs grands marchés de consommation; il dispose d'une main-d'œuvre hautement qualifiée qui connaît le secteur de l'énergie; et il possède un réseau électrique relativement propre.

Cependant, peu de projets inédits de combustibles propres seraient rentables de nos jours. Les modèles financiers de cinq archétypes de projets de ce genre ont montré que quatre d'entre eux seraient peu rentables dans la grande majorité des simulations. Un soutien financier supplémentaire serait nécessaire pour assurer leur rentabilité.

Certains des obstacles à la viabilité financière des projets inédits de combustibles propres sont des risques habituels du marché. Ces risques ne touchent pas que les projets inédits ou les projets de combustibles propres;

et ils ne découlent pas forcément de politiques inadéquates. Les firmes et les investisseurs sont donc à même de les gérer.

Toutefois, d'autres obstacles rencontrés par ces projets – comme les défaillances du marché et des politiques – nécessiteraient une intervention gouvernementale. Les failles du marché renvoient à des situations où les marchés seuls ne sont pas suffisamment attrayants pour donner lieu à des résultats avantageux pour la société. De même, les problèmes découlant des politiques existantes peuvent devenir des obstacles, voire des incitatifs pervers. Dans ces cas, les politiques publiques – à condition d'être bien conçues – peuvent générer des avantages nets.



Puits de captage du biogaz dans une prairie à ciel ouvert dans le parc Frédéric-Back de Montréal.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	1
1. INTRODUCTION	4
2. CONTEXTE : Projets de combustibles propres au Canada	5
Encadré 1 : Les combustibles propres	5
3. LE DÉFI : Quels sont les obstacles aux projets inédits de combustibles propres?	7
3.1. Modélisation des projets inédits de combustibles propres	8
3.2. Coûts et risques liés au marché	11
3.2.1. Prix futurs du marché	11
3.2.2. Défis liés au prix, à l'acquisition et à la qualité des matières premières	11
3.2.3. Pénurie de talents et de main-d'œuvre	11
3.3. Défaillances du marché et des politiques	13
3.3.1. Incertitude des prix liée aux politiques	14
3.3.2. P'ncertitude des politiques	14
3.3.3. Manque d'infrastructures	16
3.3.4. Retombées des innovations et des évolutions technologiques	18
3.3.5. Défis du marché du travail découlant des politiques	19
3.3.6. Délai d'octroi des permis	19
3.3.7. Retombées sociales de la coopération et du partenariat avec les Autochtones	20
4. CONCLUSION : Élimination des obstacles aux projets inédits de combustibles propres	23
ANNEXE 1 : Méthodologie et critères de sélection des archétypes	25
REMERCIEMENTS	27
RÉFÉRENCES	28



INTRODUCTION

Dans son rapport de 2021 intitulé *Ça passe ou ça casse : transformer l'économie canadienne pour un monde sobre en carbone* (Samson et coll., 2021), l'Institut climatique du Canada soulignait les défis importants à la croissance propre du Canada. Le rapport démontrait 1) que les marchandises d'exportation du pays sont tributaires des fluctuations du marché international; et 2) qu'il existe des risques pour l'emploi dans les petites communautés rurales et isolées qui dépendent des secteurs vulnérables à la transition. Il faisait également ressortir certaines grandes occasions pour le Canada de saisir une part des marchés mondiaux dont la croissance sera alimentée par la transition et le pouvoir économique des communautés autochtones.

Un des marchés porteurs de la transition dans lesquels le Canada aurait une chance de se hisser est celui des combustibles propres, surtout de l'hydrogène et ses dérivés ou des biocarburants avancés.

Les combustibles propres sont des produits d'exportation prometteurs et essentiels à la transition énergétique mondiale. C'est une filière où le Canada a un capital de ressources et de main-d'œuvre avantageux. D'ailleurs, les entreprises technologiques s'y montrent déjà fort prometteuses (Arnold et coll., 2022). Plus important encore, elles représentent une chance pour les communautés susceptibles d'être touchées par la précarité et le chômage à cause de la transition énergétique mondiale – qui sont, de manière disproportionnée, autochtones, rurales ou éloignées – de créer de nouveaux emplois stables et spécialisés.

Cependant, les projets de combustibles propres s'accompagnent de difficultés qui nuisent à leur attractivité pour les investisseurs privés. Certaines ont trait au petit nombre d'installations de combustibles propres de grande échelle en activité. Autrement dit, de nos jours, la majorité des projets de la sorte sont « inédits », ce qui signifie un rendement peu élevé, du moins à court terme pour le privé, malgré un fort potentiel d'avantages publics à long terme. (Beck et coll., 2023). Dans ces cas, les investisseurs sont peu enclins à fournir un financement. Les interventions gouvernementales sont nécessaires pour pallier ces défaillances du marché et des politiques. Il existe d'autres obstacles à la viabilité financière des projets inédits sur les combustibles propres, mais ce sont des risques habituels du marché. Ils ne nécessitent donc pas d'intervenir sur les politiques. En effet, le financement public de ces projets risquerait de nuire à l'efficacité du marché plutôt que le contraire.

En conséquence, ce document de cadrage cherche à relever les différents obstacles qui pourraient freiner l'avancée des projets inédits de combustibles propres. Premièrement, il décrit le contexte en expliquant la place et le potentiel des combustibles propres au Canada dans les décennies à venir. Deuxièmement, il passe en revue les principaux obstacles au développement de ces projets en se basant sur une modélisation financière et des avis d'experts ainsi qu'en soulignant les différences entre les risques du marché et les défaillances du marché et des politiques. Finalement, il se penche brièvement sur les approches que le Canada devrait adopter pour combler les failles du marché et des politiques et soutenir les projets de combustibles propres afin de préparer un avenir à la fois prospère et inclusif.



CONTEXTE :

PROJETS DE COMBUSTIBLES PROPRES AU CANADA

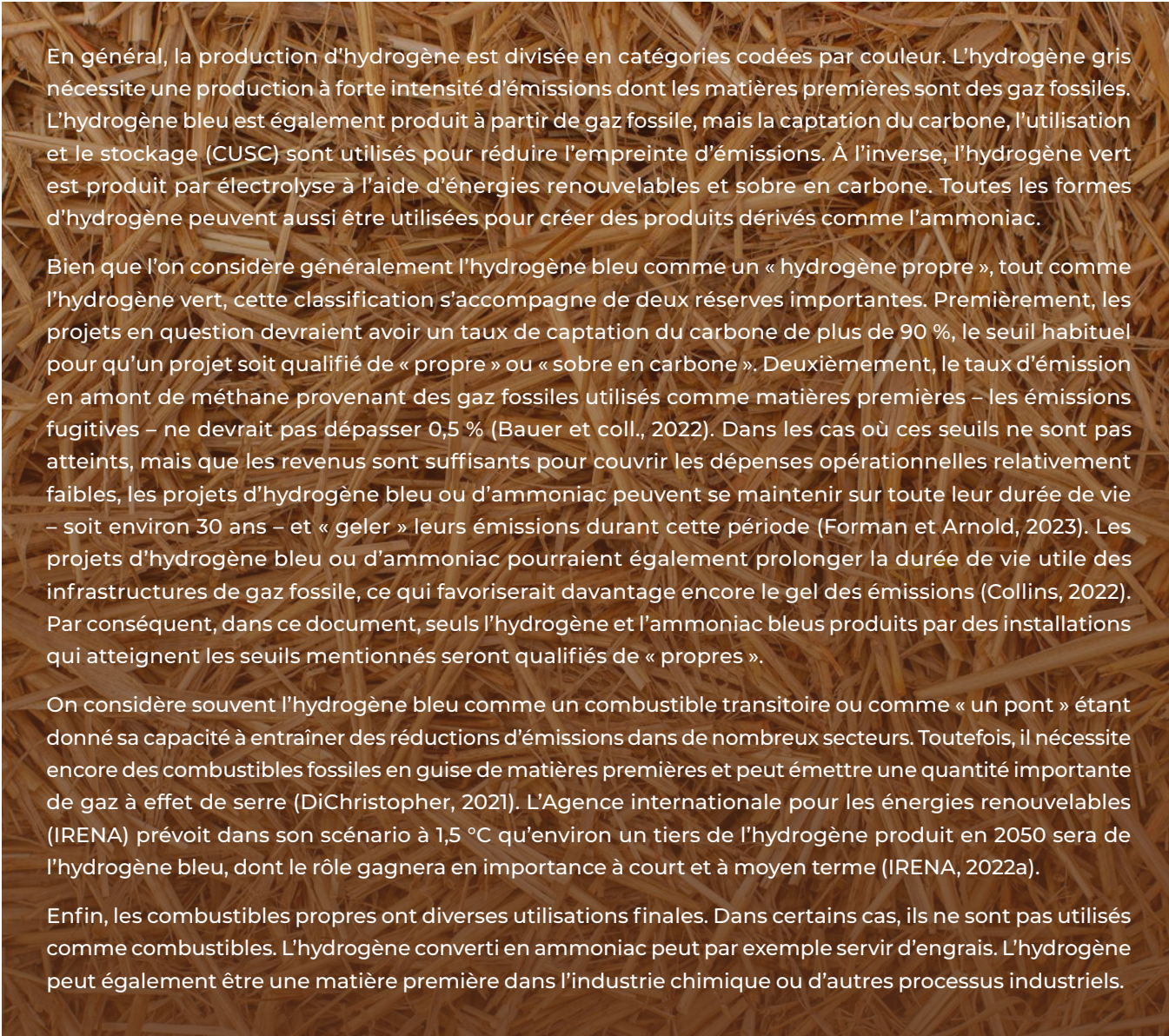
Même si l'électrification sera probablement le principal moteur de la transition énergétique pour le Canada – et le monde – (Dion et coll., 2022), les combustibles propres peuvent encore jouer un rôle déterminant. Notamment, ils ont le potentiel de décarboniser l'aviation, le transport international et de nombreuses industries lourdes, tout en offrant des installations fort nécessaires pour stocker l'énergie de manière durable et équilibrer l'approvisionnement énergétique (Energy Transitions Commission, 2021; AIE, 2022a; Dion et coll., 2021). Les combustibles propres pourraient être la seule méthode de décarbonisation viable, ou du moins l'option la moins coûteuse, dans ces secteurs (de Pee et coll., 2018; Energy Transitions Commission, 2018). Le terme « combustibles propres » renvoie à de nombreux produits, mais ne devrait désigner que ceux qui entraînent des réductions suffisantes pour l'atteinte des objectifs climatiques du Canada et du monde (voir encadré 1).

ENCADRÉ 1

Les combustibles propres

Les combustibles propres sont des sources d'énergie (à l'exception de l'électricité) qui produisent considérablement moins de gaz à effet de serre que les sources traditionnelles sur un cycle de vie régulier (Ressources naturelles Canada, 2022a). Dans ce document, nous avons divisé les combustibles propres en deux catégories : les biocarburants avancés ou de deuxième génération et l'hydrogène à faible teneur en carbone ainsi que ses dérivés.

Les biocarburants sont produits par des matériaux de la biomasse comme les cultures vivrières, les résidus de plantes et les algues. Ceux de première génération, qui constituent 90 % des biocarburants produits à l'heure actuelle (AIE, 2022a), proviennent des plantations de maïs ou de colza. Leur utilisation contribue pourtant à l'insécurité alimentaire mondiale, car leur production nécessite de détourner les cultures et l'utilisation des terres arables (Tenenbaum, 2008; Commission de l'écofiscalité du Canada, 2016; Wright, 2014). Inversement, les biocarburants avancés ou de deuxième génération sont des dérivés de matériaux non alimentaires comme la biomasse forestière, les résidus agricoles et d'autres formes de déchets solides, provenant dans l'idéal de terres non arables, marginales ou dégradées (Lee et Lavoie, 2013; Mohr et Raman, 2013). Il importe de souligner l'ambiguïté concernant les émissions du cycle de vie des biocarburants avancés : certains biocarburants pourraient être incompatibles avec les objectifs climatiques du Canada et une transition énergétique durable. En particulier, les matières premières à fortes émissions et le changement d'utilisation des terres pourraient avoir un effet négatif sur le profil d'émissions des projets de biocarburants avancés, ce qui les exclurait de la catégorie des combustibles propres (Staples, 2018; Jeswani et coll., 2020).



En général, la production d'hydrogène est divisée en catégories codées par couleur. L'hydrogène gris nécessite une production à forte intensité d'émissions dont les matières premières sont des gaz fossiles. L'hydrogène bleu est également produit à partir de gaz fossile, mais la captation du carbone, l'utilisation et le stockage (CUSC) sont utilisés pour réduire l'empreinte d'émissions. À l'inverse, l'hydrogène vert est produit par électrolyse à l'aide d'énergies renouvelables et sobre en carbone. Toutes les formes d'hydrogène peuvent aussi être utilisées pour créer des produits dérivés comme l'ammoniac.

Bien que l'on considère généralement l'hydrogène bleu comme un « hydrogène propre », tout comme l'hydrogène vert, cette classification s'accompagne de deux réserves importantes. Premièrement, les projets en question devraient avoir un taux de captation du carbone de plus de 90 %, le seuil habituel pour qu'un projet soit qualifié de « propre » ou « sobre en carbone ». Deuxièmement, le taux d'émission en amont de méthane provenant des gaz fossiles utilisés comme matières premières – les émissions fugitives – ne devrait pas dépasser 0,5 % (Bauer et coll., 2022). Dans les cas où ces seuils ne sont pas atteints, mais que les revenus sont suffisants pour couvrir les dépenses opérationnelles relativement faibles, les projets d'hydrogène bleu ou d'ammoniac peuvent se maintenir sur toute leur durée de vie – soit environ 30 ans – et « geler » leurs émissions durant cette période (Forman et Arnold, 2023). Les projets d'hydrogène bleu ou d'ammoniac pourraient également prolonger la durée de vie utile des infrastructures de gaz fossile, ce qui favoriserait davantage encore le gel des émissions (Collins, 2022). Par conséquent, dans ce document, seuls l'hydrogène et l'ammoniac bleus produits par des installations qui atteignent les seuils mentionnés seront qualifiés de « propres ».

On considère souvent l'hydrogène bleu comme un combustible transitoire ou comme « un pont » étant donné sa capacité à entraîner des réductions d'émissions dans de nombreux secteurs. Toutefois, il nécessite encore des combustibles fossiles en guise de matières premières et peut émettre une quantité importante de gaz à effet de serre (DiChristopher, 2021). L'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) prévoit dans son scénario à 1,5 °C qu'environ un tiers de l'hydrogène produit en 2050 sera de l'hydrogène bleu, dont le rôle gagnera en importance à court et à moyen terme (IRENA, 2022a).

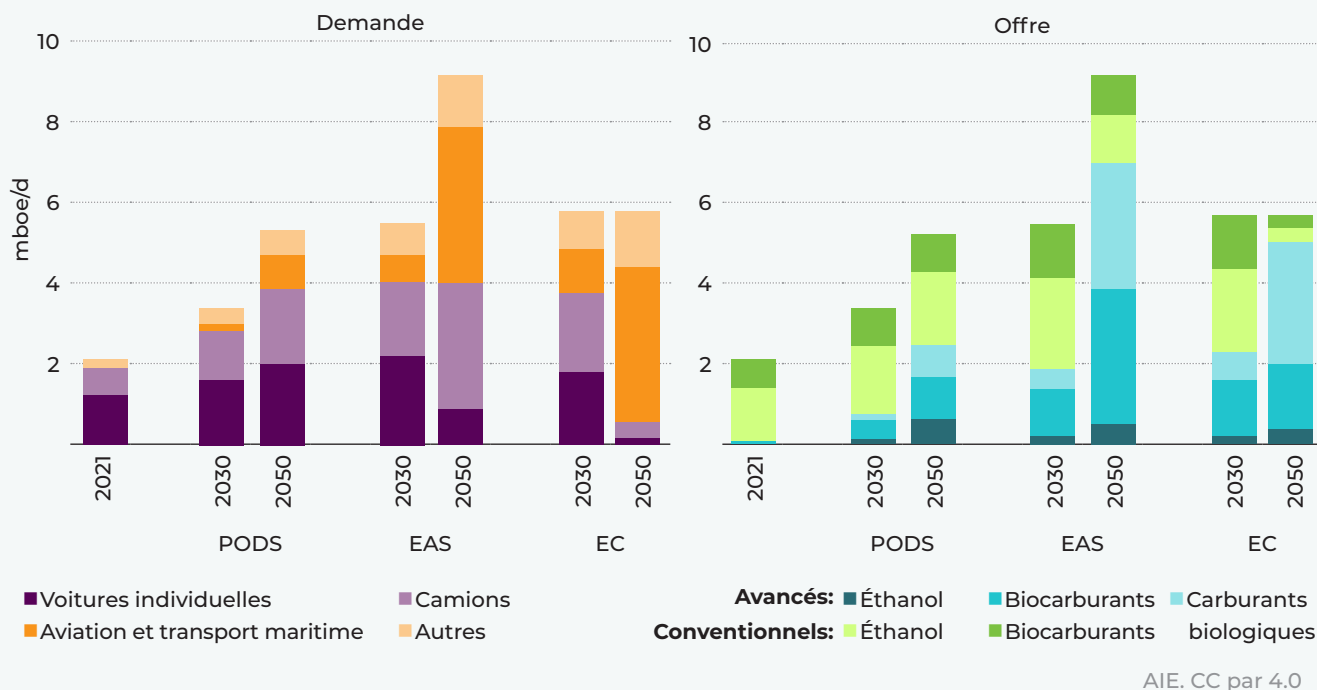
Enfin, les combustibles propres ont diverses utilisations finales. Dans certains cas, ils ne sont pas utilisés comme combustibles. L'hydrogène converti en ammoniac peut par exemple servir d'engrais. L'hydrogène peut également être une matière première dans l'industrie chimique ou d'autres processus industriels.

Les combustibles propres, en grande partie pour leur utilité projetée, feront probablement l'objet d'une forte demande mondiale. En 2021, on a produit environ 120 mégatonnes (Mt) d'hydrogène, dont 95 % à partir de gaz fossiles et de charbon sans dispositif d'atténuation et à forte intensité en carbone (IRENA, 2021). Selon les projections des modèles, d'ici 2030, il faudra produire 154 Mt d'hydrogène bleu et vert dans le monde pour être sur la voie des 1,5 °C. D'ici 2050, la production nécessaire atteindra 614 Mt (IRENA, 2022b). Pour les biocarburants, l'offre devrait passer de 2,2 millions de barils d'équivalent pétrole par jour (Mbep/j) en 2021 à 5,7 Mbep par jour en 2030 selon le scénario de carboneutralité de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Le même niveau de production de biocarburants devrait être nécessaire en 2050 (AIE, 2022a). Les investissements dans l'hydrogène sobre en carbone et les biocarburants avancés réunis devraient passer de 23 milliards de dollars aujourd'hui à 306 milliards de dollars en 2030 selon le scénario de carboneutralité de l'AIE (AIE, 2022a).

Figure 1 :

Demande et offre de biocarburants liquides par scénario (AIE 2022a)

Sont présentés les demandes et offres de biocarburants liquides conventionnels et avancés dans le cadre des politiques déclarées de l'IEA (PODS), des engagements annoncés (EAS) et des scénarios d'émissions carboneutres d'ici 2050 (EC)



Au Canada, tous les scénarios à carboneutres montrent l'importance grandissante des combustibles propres (Dion et coll., 2021). Un rapport du gouvernement fédéral prévoit que la demande d'hydrogène pourrait se situer entre 8,3 Mt et 20 Mt par an d'ici 2050, soit un maximum de 31 % de l'énergie livrée au Canada dans ce scénario « transformateur » (Ressources naturelles Canada, 2020). Du côté des analyses indépendantes, certaines entrevoient un rôle plus modeste pour l'hydrogène (Bureau du vérificateur général du Canada, 2022; Institut de l'énergie Trottier, 2021; Dion et coll., 2021) tandis que d'autres se rangent largement du côté des scénarios modélisés du gouvernement (Layzell et coll., 2020).

Les biocarburants avancés sont actuellement un « pari risqué » sur le plan technologique, mais ils pourraient tout de même jouer un rôle important dans la transition énergétique du Canada, en particulier dans la production de combustibles durables pour l'aviation et la marine (Groupe consultatif pour la carboneutralité 2023). Dans les scénarios optimistes, la demande en biocarburants avancés atteint jusqu'à 2 672 pétajoules (PJ), contre 739 PJ en 2019 (Dion et coll. 2021; Régie de l'énergie du Canada 2022a). Dans les scénarios plus prudents, ils représenteraient environ 7 % de la demande en énergie finale d'ici 2050 (Dion et coll. 2021).

Il s'agit d'une chance pour le Canada, autant pour réduire son empreinte que pour préparer un avenir économique prospère et sobre en carbone.

L'hydrogène permettrait de réduire les émissions de 18 à 61 Mt d'ici 2050; pour les biocarburants, cette réduction pourrait atteindre 64 Mt (Dion et coll. 2021).

En même temps, d'ici là, l'hydrogène pourrait générer des investissements annuels de 9 à 22 milliards de dollars (dollars de 2015); et les biocarburants, jusqu'à 28 milliards (dollars de 2015) (Dion et coll., 2021). Autrement dit, il se créerait des milliers d'emplois bien rémunérés, dont un bon nombre dans les régions rurales ou éloignées où vivent majoritairement des Autochtones ou des Canadiens à faible revenu. Considérant que plus de 880 000 personnes au Canada travaillent dans des secteurs vulnérables à la transition, il est essentiel de faire des investissements stratégiques dans des industries à faibles émissions de carbone – comme les combustibles propres – pour que les Canadiens puissent survivre et prospérer dans une économie sobre en carbone (Samson et coll., 2021).

De plus, les combustibles propres constituent une excellente possibilité d'exportation pour le pays. Dans le meilleur des cas, l'hydrogène canadien sobre en carbone pourrait générer 56 milliards de dollars par an en revenus d'ici 2050, en desservant notamment les marchés américain, japonais, sud-coréens et allemands (Layzell et coll., 2020). Comme l'illustre le récent protocole d'entente renforcé entre le Canada et l'Allemagne, il existe déjà un vif intérêt pour l'hydrogène et ses dérivés d'origine canadienne (Ressources naturelles Canada, 2022b).

Le Canada est également bien placé pour saisir les occasions associées aux combustibles propres. Géographiquement, le pays occupe une position stratégique entre les marchés européens et asiatiques, en plus d'être limitrophe des États-Unis (Nouvelle-Écosse Offshore Energy Research Association [OERA], 2020; HTEC [anciennement Zen], 2019). Le Canada jouit également d'un avantage considérable sur le plan humain : sa population se classe régulièrement parmi les plus instruites au monde et une part importante de sa main-d'œuvre est familière avec le secteur de l'énergie (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2014; Ressources naturelles Canada, 2020). Le régime fédéral de tarification du carbone et le Règlement sur les combustibles propres (RCP) favorisent la compétitivité des coûts des combustibles propres par rapport aux combustibles à fortes émissions qu'ils visent à remplacer (Energy Transitions Commission, 2021). Selon une étude, le Canada est l'endroit le plus abordable pour la production d'hydrogène vert, et le second après la Russie pour la production d'hydrogène bleu (Asia Pacific Energy Research Centre, 2018). En outre, le réseau électrique relativement propre du pays augmente son attractivité pour les producteurs d'hydrogène vert (Layzell et coll., 2020).



Étant donné que 880 000 personnes au Canada travaillent dans des secteurs vulnérables à la transition, les investissements stratégiques dans les industries bas carbone, comme les combustibles propres, seront essentiels pour que les Canadiens survivent et s'épanouissent dans une économie bas carbone.



LE DÉFI :

QUELS SONT LES OBSTACLES AUX PROJETS INÉDITS DE COMBUSTIBLES PROPRES?

Bien que les avantages des combustibles propres soient nombreux, des obstacles s'opposent à leur développement au Canada. Certains impliquent des coûts réels qu'il faut évaluer en regard des bénéfices, tandis que d'autres pourraient être aplanis par des politiques intelligentes qui apporteraient des avantages nets au pays.

La nature de ces obstacles varie selon les régions et les projets. Par exemple, si les Maritimes offrent un potentiel d'exportation non négligeable, l'important déficit d'infrastructures et le manque d'approvisionnement local ne permettront peut-être pas à la région d'exporter des combustibles propres avant une dizaine d'années (OERA, 2020). De plus, l'hydrogène devra probablement être transformé en ammoniac avant l'expédition (du moins pour les longues distances) puis retransformé en hydrogène pour son utilisation finale – un processus qui coûte cher en efficacité et argent. Il se pourrait que l'ammoniac exporté ne convienne qu'à une utilisation comme engrais ou dans un cadre industriel, plutôt qu'en tant que combustible ou matière première pour la production d'hydrogène (Parkes, 2022).

D'autres obstacles sont plus généraux. Malgré le niveau élevé d'instruction au Canada, le pays accuse une grave pénurie de main-d'œuvre qualifiée dans le secteur des énergies propres, un problème qui devrait persister (Arnold et coll., 2022; Guldemann et Powell, 2022). La demande d'électricité devrait également enregistrer une hausse rapide dans les prochaines décennies, si bien qu'il sera difficile de trouver la quantité nécessaire de matières premières pour certains projets de combustibles propres (Lee et coll., 2022). Enfin, le Canada pourrait avoir du mal à concurrencer les États-Unis, étant donné le soutien financier considérable qu'apporte sa loi sur la réduction de l'inflation à son industrie nationale des combustibles propres (Gordon et coll., 2022).

Cette section explore ces obstacles en se basant sur la modélisation financière et les commentaires d'experts pour évaluer ce qui empêche les projets inédits, pionniers du secteur, de s'implanter au Canada.

3.1. Modélisation des projets inédits de combustibles propres

Comme leur nom l'indique, les projets inédits sont les premiers projets commercialement viables en leur genre. Ils se basent généralement sur des technologies qui, même si elles sont émergentes, se trouvent au dernier niveau de maturité technologique ou NMT (soit au moins au NMT 7, développement du prototype) (Mankins, 1995). Autrement dit, on a prouvé et démontré leur fonctionnement en tant que projets de démonstration, mais non leur rentabilité à grande échelle.

Nous avons analysé cinq archétypes de projets inédits de combustibles propres au Canada en utilisant une modélisation financière des flux de trésorerie basée sur des simulations de la méthode de Monte-Carlo pour explorer les risques. L'objectif était de déterminer la valeur nette actuelle et le taux de rendement interne de chaque projet pour en évaluer la viabilité financière (voir l'annexe 1 pour en savoir plus sur la méthodologie de modélisation et les critères de sélection des archétypes).

Voici les cinq archétypes de projets inédits :

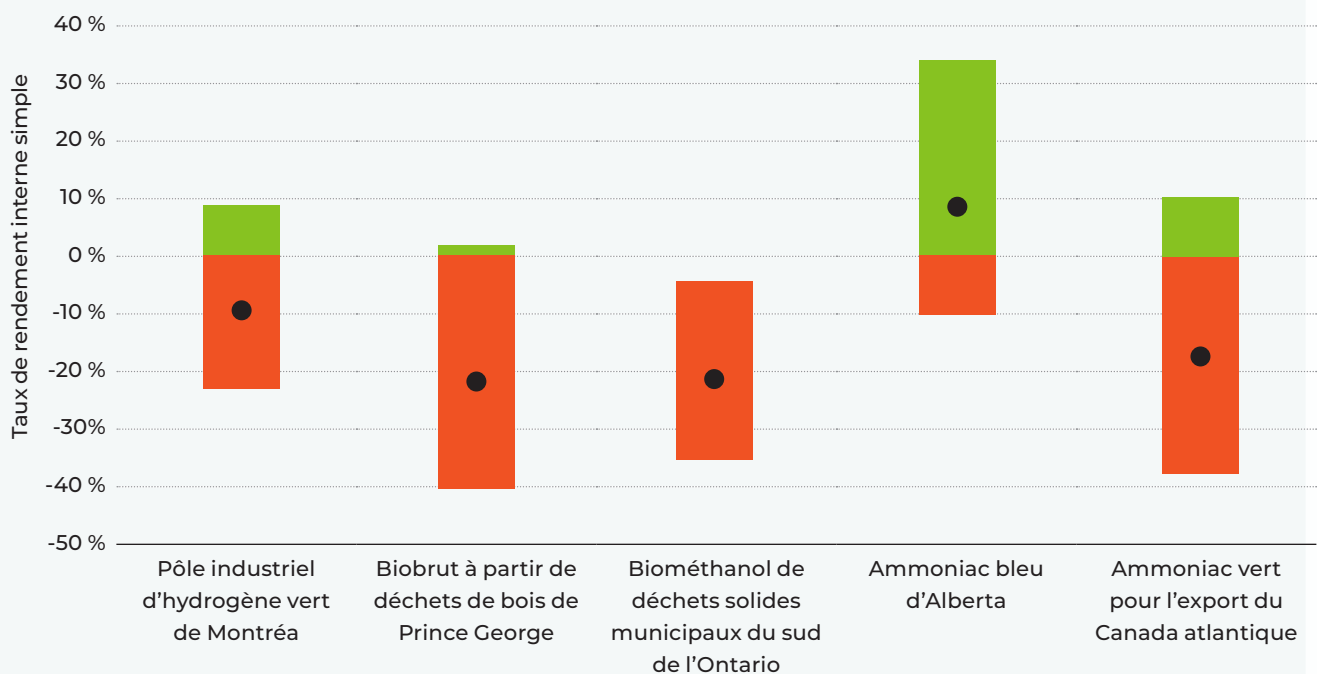
1. L'ammoniac vert destiné à l'exportation dans le Canada atlantique rural;
2. L'hydrogène vert produit dans une zone industrielle montréalaise;
3. L'ammoniac bleu produit en Alberta;
4. Le biobrut fait à partir de déchets de bois à Prince George, en Colombie-Britannique;
5. Le biométhanol dérivé de déchets municipaux solides produit et raffiné dans le sud de l'Ontario.

Notre modélisation des flux de trésorerie montre que quatre de ces cinq archétypes auront peu de chances d'être rentables sans un soutien financier public supplémentaire (voir figure 2). Le seul archétype modélisé à être viable financièrement (soit avec un taux de rendement interne et une valeur nette actuelle dans le positif) est le projet sur l'ammoniac bleu produit en Alberta. Il présente une valeur nette actuelle positive dans plus de deux tiers des simulations. Sur les quatre archétypes non rentables, tous ont une valeur nette actuelle négative dans plus de 70 % des simulations de Monte Carlo.

Figure 2 :

Résultats du taux de rendement interne simple des cinq archétypes de projets inédits de carburants propres

Les barres représentent le taux de rendement interne du 10e au 90e percentile de chaque projet ; le cercle noir indique le 50e percentile des simulations de Monte Carlo effectuées pour chaque archétype



Comme le montre la modélisation financière des flux de trésorerie, la grande majorité des projets de combustibles propres nécessiteraient une aide gouvernementale pour se concrétiser.

Les défis varient selon le type de combustible, les matières premières utilisées, l'emplacement, les politiques locales et bien d'autres facteurs. Notre modélisation et les avis des praticiens et experts du secteur mettent en évidence tout un

éventail d'obstacles à la rentabilité et, ultimement, à la réalisation des projets. Cette section commence par une explication de certains des coûts et risques liés au marché auxquels pourraient se heurter les promoteurs de projets. Elle se penche ensuite sur les obstacles qui découlent des défaillances du marché nécessitant une intervention gouvernementale.

En outre, il convient de souligner que, même si certains obstacles ont une plus grande influence que d'autres et sont plus fortement soulignés dans nos modélisations et nos séances de consultation, chaque projet est unique et comporte son lot de défis et de difficultés. De plus, les répercussions de certains obstacles sur la rentabilité des projets sont difficiles à quantifier, prédire ou anticiper avec précision.

3.2. Coûts et risques liés au marché

Certains obstacles ne sont pas l'apanage des projets inédits ou des projets de combustibles propres, mais sont des risques du marché que les investisseurs et les promoteurs de projets rencontrent couramment. Ils ne découlent pas forcément de problèmes de politiques. Les firmes et les investisseurs sont donc à même de les gérer sans aucune intervention gouvernementale.

3.2.1. Prix futurs du marché

Notre modélisation des flux de trésorerie montre que ce sont les prix futurs du marché des combustibles propres qui ont eu le plus de répercussions sur tous les archétypes étudiés. Il s'agit donc d'une incertitude majeure pour les promoteurs des projets de ce type.


Les prix futurs des combustibles propres seront largement définis par les prix de l'énergie à l'échelle mondiale et par la trajectoire de la demande en produits de combustibles fossiles. Toutefois, cette volatilité des prix est normale et ne nécessite pas d'intervention gouvernementale.

Cependant, les prix futurs du marché sont fortement influencés par les politiques d'une administration donnée. De ce fait, l'incertitude des prix du marché résulte au bout du compte de politiques que les gouvernements devraient tenter d'abandonner (voir section 3.3.1.).

3.2.2. Défis liés au prix, à l'acquisition et à la qualité des matières premières

Le prix, la disponibilité et la qualité des matières premières sont des éléments critiques pour les projets de combustibles propres. Ils influencent grandement le lieu et le coût de réalisation d'un projet. Une fois encore, des risques ou des coûts élevés ne justifient généralement pas à eux seuls une intervention gouvernementale.

Pour les projets d'hydrogène ou d'ammoniac verts, la dépendance envers les sources d'électricité renouvelables (comme l'énergie solaire ou éolienne) peut nuire considérablement à la capacité de production. Par leur caractère intermittent, ces sources d'énergie ne permettent pas le fonctionnement continu des installations



Le prix, la disponibilité et la qualité des matières premières sont essentielles au succès des projets de carburants propres et jouent un rôle clé pour déterminer où et à quel prix ces projets peuvent être construits.

et font baisser la production. Ainsi, les installations ont moins de chances de générer un rendement et, à terme, des bénéfices.

Il est possible de raccorder ces projets au réseau électrique, mais l'alimentation n'est pas à faible teneur en carbone de bout en bout. Même si le réseau national est relativement propre, ce n'est pas le cas pour une grande partie du Canada atlantique où les projets d'hydrogène et d'ammoniac verts ont suscité beaucoup d'intérêt, comme l'illustre le protocole d'entente entre le Canada et l'Allemagne (Ressources naturelles Canada, 2022b). En Nouvelle-Écosse, plus de 50 % de l'électricité produite provenait du charbon en 2019; au Nouveau-Brunswick, c'était près de 30 % de l'électricité qui provenait du gaz fossile et du charbon (Régie de l'énergie du Canada, 2022b; Régie de l'énergie du Canada, 2022c). Le Canada atlantique se heurte à un niveau de pauvreté énergétique plus élevé que dans le reste du Canada : un ménage sur trois y est considéré pauvre en énergie, contre 20 % seulement des ménages pour le reste du pays (Riva et coll., 2021). L'ajout d'un projet d'ammoniac au réseau pourrait faire baisser l'approvisionnement local et faire monter le prix, exacerbant ainsi le problème. De plus, la fluctuation des prix de l'électricité apporte une part d'incertitude qui peut décourager les investisseurs.

Il est également fort probable que des contrées comme le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord puissent exploiter les énergies renouvelables à un coût inférieur à celui des archétypes modélisés. Les projets menés dans ces régions auront donc un avantage financier – surtout si on tient compte de la proximité du marché européen (Apostoleris et coll., 2021; AIE, 2022b).

Par ailleurs, les projets d'hydrogène et d'ammoniac bleus et verts souffrent de la grande variabilité des coûts des matières premières, étant donné que le gaz fossile est sujet à une grande volatilité des prix et qu'il en sera vraisemblablement de même pour les énergies renouvelables (Fleury, 2022; Ballester et Furio, 2015; Hirschhorn et Brijs, 2022). Cette situation pourrait nuire à la rentabilité de projets.

Pour les biocarburants, les problèmes relèvent généralement de la disponibilité et de la qualité des matières premières. Par exemple, la faible densité d'énergie des résidus de bois les rend moins efficaces comme matières premières. Dans de nombreux procédés de production de biocarburants, la transformation de la biomasse nécessite une matière première homogène qui présente des caractéristiques très précises en ce qui concerne le taux d'humidité, la taille et la composition chimique. Le mélange ou l'hétérogénéité des matières premières freine le processus ou fait grimper les coûts. Pour l'archétype de biométhanol modélisé, la quantité de déchets solides disponibles était limitée dans une municipalité donnée. Pour contourner ce problème, il est possible d'acquérir les déchets de plusieurs municipalités, mais il faut alors s'attendre à des coûts de transports élevés ou à jongler avec différentes demandes de permis (voir section 3.3.6.) Puisqu'il est difficile d'avoir un approvisionnement adéquat en matières premières de grande qualité,



La plupart de l'électricité de Nouvelle-Écosse provient de centrales électriques au charbon comme celle-ci à Trenton.

les projets de biocarburants ne seront probablement rentables que s'ils s'implantent près d'une source de matières premières homogènes, ce qui limite leurs perspectives de développement.

L'AIE a prévenu que le secteur des biocarburants allait traverser une pénurie de matières premières dans le courant des cinq prochaines années, ce qui pourrait s'accompagner d'une hausse des coûts. Elle souligne notamment que la demande en biocarburants produits à partir de déchets et de résidus se rapproche rapidement des limites de ce qui est disponible à l'heure actuelle (AIE, 2022c).

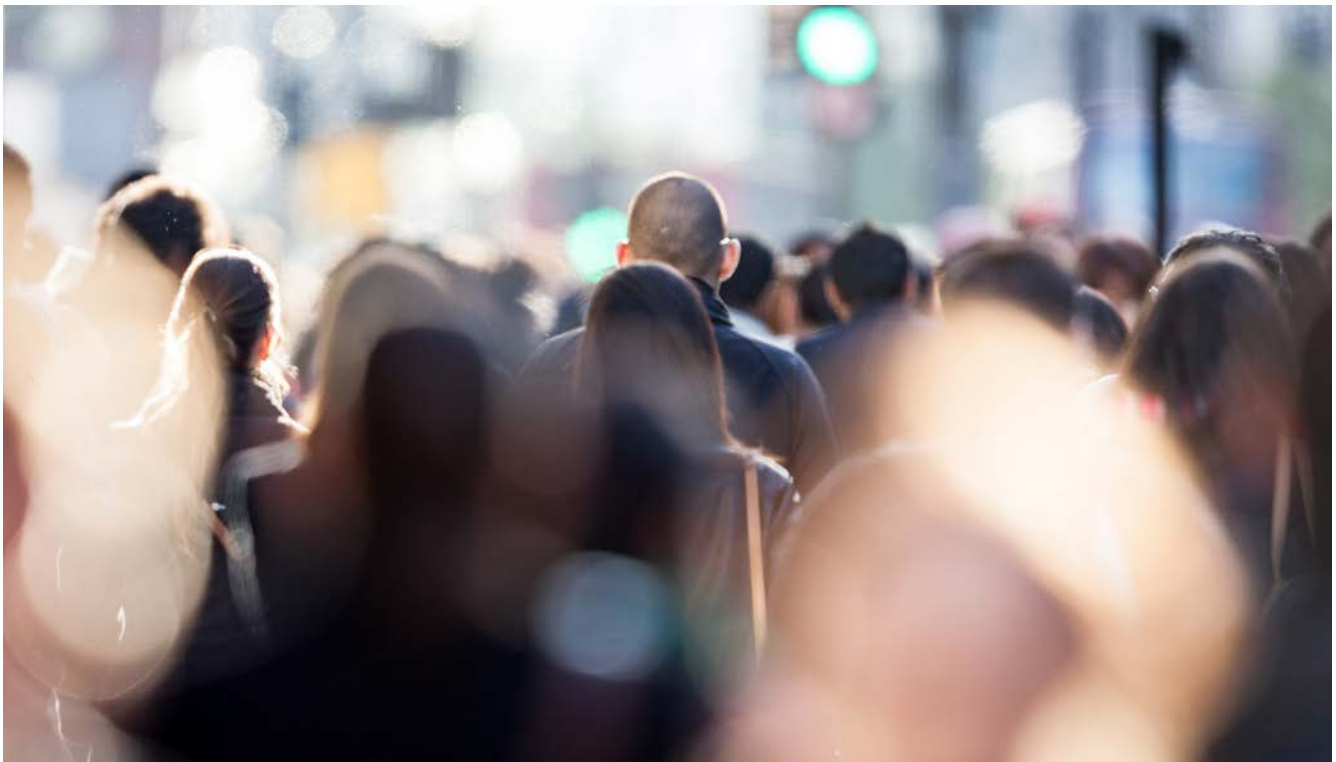
Ces problèmes de matières premières rendent difficile le déploiement à grande échelle des projets de combustibles propres, ce qui nuit à leur rentabilité; c'est une question d'ailleurs constamment soulevée par les experts consultés. Le déploiement à grande échelle d'un projet peut faire baisser les dépenses d'investissement par unité. Toutefois, en raison des contraintes liées aux matières premières, les projets de combustibles propres – comme pour l'archétype de biométhanol dans le sud de l'Ontario qui est juste 1,5 fois plus grand que la première installation de transformation de déchets en biocarburants au Canada – seraient probablement d'une envergure insuffisante pour être compétitifs sur le plan financier.

3.2.3. Pénurie de talents et de main-d'œuvre

Selon les experts du secteur, les promoteurs de projets de combustibles propres peinent à trouver les talents et la main-d'œuvre qualifiée nécessaires à l'exploitation de leurs installations.

Les contraintes géographiques – la nécessité d'être proche des matières premières – imposent l'implantation des projets dans des zones rurales et éloignées. Le problème est alors de trouver une main-d'œuvre qualifiée sur place ou de l'attirer dans ces régions. Les promoteurs de projets doivent alors offrir des salaires plus élevés, des avantages compétitifs, des logements abordables et d'autres commodités, ce qui se répercute sur le coût du projet.

De surcroît, la pénurie de travailleurs et la compétitivité du marché du travail font grimper ce poids financier. À court terme, le nombre d'emplois vacants reste élevé; le ratio chômeurs-postes vacants a d'ailleurs atteint un plancher au Canada en 2022 (Statistique Canada, 2022). Le manque de main-d'œuvre, et surtout de travailleurs qualifiés essentiels à l'exploitation de ces projets, risque de s'aggraver davantage. Plus de 700 000 travailleurs des



métiers spécialisés devraient prendre leur retraite d'ici 2028, et le Canada ferait face à une pénurie de 60 000 apprentis inscrits d'ici 2025 (Powell et Richardson, 2021).

Dans l'ensemble, le pays accuse une demande importante et croissante en emplois verts, qui s'accompagne des pénuries potentielles. Une étude montre que le Canada pourrait ajouter jusqu'à 400 000 nouveaux emplois exigeant des compétences vertes « poussées » d'ici 2050 et que le déficit de main-d'œuvre dans le scénario de carboneutralité pourrait déjà atteindre 27 000 personnes d'ici 2025 (Guldimann et Powell, 2022).

3.3. Défaillances du marché et des politiques

Les gouvernements semblent avoir un rôle à jouer pour lever certains autres obstacles aux projets inédits. Les défaillances du marché renvoient à des situations bien établies où les marchés seuls ne sont pas assez attrayants pour donner lieu à des résultats avantageux pour la société en général. De même, les problèmes découlant des politiques existantes peuvent devenir des obstacles, voire des incitatifs pervers. Dans ces cas, les politiques publiques – à condition d'être bien conçues – peuvent générer des avantages nets.

3.3.1. Incertitude des prix liée aux politiques

Le prix des combustibles propres ne dépend pas uniquement des conditions du marché. Les choix politiques ont également une grande influence sur leur prix futur.


Par exemple, des experts ont indiqué que les projets de biocarburants canadiens pourraient n'être rentables qu'en Colombie-Britannique en raison du surprix¹ créé par la norme sur les carburants à faible teneur en carbone de la Colombie-Britannique.

De plus, le surprix qui peut être obtenu pour certains biocarburants peut être délicat à estimer parce que la portée de la norme sur les carburants sobres en carbone de la Colombie-Britannique et du RCP fédéral ne s'étend pas au-delà de l'essence et du diesel pour le moment (gouvernement de la Colombie-Britannique, 2023a; gouvernement du Canada, 2022). La transformation des biocarburants en éthanol ou en autres produits chimiques spécialisés pourrait entraîner un surprix plus important. Toutefois, cela implique aussi des coûts supplémentaires et, potentiellement, des émissions de gaz à effet de serre supplémentaires.

Le système canadien de tarification du carbone basé sur la production (et ses équivalents provinciaux) génère un surprix, mais l'incertitude quant à la future tarification du carbone s'accompagne d'un flou quant au prix du marché (voir section 3.3.2.).

L'ammoniac bleu est également touché par l'incertitude des prix du marché. En effet, l'hydrogène vert devrait pouvoir concurrencer l'hydrogène bleu d'ici 2028. De plus, en raison de politiques d'atténuation des changements climatiques comme la tarification du carbone et la réglementation sur le méthane, l'ammoniac bleu pourrait devoir être vendu à l'escompte, avec un rabais correspondant au surprix obtenu par l'hydrogène vert (Collins, 2022). En fin de compte, les installations de

¹ En ce qui touche les combustibles propres, le surprix renvoie au coût supplémentaire que le consommateur est prêt à payer pour éviter les frais supplémentaires associés à la tarification du carbone ou aux règlements sur les combustibles propres.



Au global, le Canada fait face à une demande importante et grandissante pour des emplois verts et à une potentielle pénurie, selon une étude montrant que le Canada devrait créer jusqu'à 400 000 emplois qui requièrent des compétences vertes "accrues" d'ici 2050. Le déficit d'emplois carboneutres pourrait déjà atteindre 27 000 d'ici 2025.

production d'hydrogène et d'ammoniac bleus, n'étant pas en mesure de concurrencer l'hydrogène et l'ammoniac verts, pourraient devenir des actifs délaissés.

3.3.2. Incertitude des politiques

L'incertitude des politiques se manifeste sous de multiples formes, notamment quant aux incitatifs financiers reçus et à la question du maintien à long terme des politiques annoncées et mises en œuvre, y compris en cas de changement de gouvernement. L'ensemble de ces facteurs augmente le risque associé aux projets de combustibles propres inédits, nuisant ainsi à leur viabilité économique.

Alors que le Canada est encore en train de mettre en place de nouveaux crédits d'impôt à l'investissement et de financer de nouvelles installations pour soutenir les projets de combustibles propres, d'autres pays, dont les États-Unis, fournissent déjà aux promoteurs de projets et aux investisseurs potentiels des incitatifs financiers considérables. L'Énoncé économique de l'automne 2022 du Canada proposait deux crédits d'impôt à l'investissement qui pourraient être utilisés par les promoteurs de projets de combustibles propres – l'un pour les technologies propres et l'autre pour l'hydrogène propre. Il définissait également les contours du Fonds de croissance du Canada, qui fournira un financement et assurera une certitude politique aux projets sobres en carbone (ministère des Finances Canada, 2022a). Toutefois, comme ces mesures proposées par le gouvernement fédéral sont encore en cours d'élaboration, elles n'ont pas les détails et la tangibilité nécessaires aux investisseurs pour être certains de la viabilité financière d'un projet donné. En effet, les projets ne peuvent être considérés comme bancables sur la seule base d'un soutien financier encore indéterminé. Malgré l'existence du Fonds pour les combustibles propres de 1,5 milliard de dollars créé en 2021, d'autres incitatifs financiers seront vraisemblablement nécessaires (Ressources naturelles Canada, 2022c).

En revanche, la loi américaine sur la réduction de l'inflation prévoit une subvention sous la forme d'un crédit d'impôt à la production pouvant atteindre 3 dollars par kilogramme d'hydrogène propre, prolonge le crédit d'impôt sur le revenu pour les biocarburants de deuxième génération jusqu'en 2024 et prévoit l'ajout d'un nouveau crédit d'impôt à la production de combustibles propres en 2025, d'une valeur pouvant atteindre 1 dollar américain par gallon. Elle prévoit également certaines subventions au démarrage, ce qui signifie qu'il n'y a pas à attendre de remplir la déclaration d'impôts pour recevoir des fonds (La Maison-Blanche, 2023). Il n'a fallu que deux mois après l'adoption de cette loi pour assister à des investissements privés de 28 milliards de dollars américains. Selon Ernst & Young, la loi a d'ailleurs fait des États-Unis le pays le plus attractif pour les investissements dans les énergies renouvelables (Marcacci, 2022; de Giovanni et Warren, 2022).

Les promoteurs de projets de biocarburants sont confrontés à une incertitude supplémentaire : celle de ne pas savoir s'ils pourront obtenir la valeur totale des crédits offerts par la norme sur les carburants sobres en carbone de la Colombie-Britannique et le RCP fédéral. Étant donné que les producteurs ne peuvent prétendre à des crédits au titre de la norme britanno-colombienne et du RCP que s'ils produisent de l'essence ou du diesel, les deux biocarburants modélisés dans nos projets archétypaux, le biométhanol et le biobrut, seraient exclus de ces politiques. Il faudrait améliorer ces combustibles pour pouvoir recevoir des crédits directement au titre des politiques ce



Alors que le Canada développe encore de nouveaux crédits d'impôt à l'investissement et finance des installations pour soutenir des projets de carburants propres, d'autres pays, y compris les États-Unis, ont déjà fourni une certaine sécurité aux promoteurs de projets et aux investisseurs potentiels grâce à des incitations financières considérables.

qui, une fois de plus, entraînerait des coûts supplémentaires. Sans amélioration de leurs combustibles, les promoteurs de projets devraient négocier avec le raffineur pour recevoir une partie de la valeur des crédits qu'ils génèrent.

De surcroît, le RCP régit le fournisseur final de combustibles, et non les producteurs en amont, ce qui soulève à nouveau la question de la répercussion des crédits, étant donné que les promoteurs de projets ne peuvent en obtenir qu'une fraction de la valeur. Dans les deux cas, la répercussion est basée sur les conditions du marché et peut donc être nettement inférieure à 100 %.

Les programmes qui prévoient des crédits supplémentaires basés sur les dépenses d'investissement prévues – comme le programme des *Part 3 Agreements* proposé par le gouvernement de la Colombie-Britannique – peuvent compenser l'incapacité d'obtenir la valeur totale des crédits offerts par les règlements sur les combustibles propres. Toutefois, ce programme n'existe à l'heure actuelle qu'en Colombie-Britannique (gouvernement de la Colombie-Britannique, 2022a).

En outre, l'incertitude quant au prix futur des unités de conformité dans le cadre de la norme sur les carburants sobres en carbone de la Colombie-Britannique, du RCP fédéral et du système fédéral de tarification du carbone nuit à la bancabilité des projets de combustibles propres. L'offre excédentaire de crédit carbone, précipitée par le crédit d'impôt à l'investissement pour la CUSC du gouvernement fédéral et les systèmes provinciaux de tarification industrielle laxistes accordant une grande quantité d'émissions gratuites, pourrait faire baisser le prix des unités, diminuant ainsi le flux de revenus des projets de combustibles propres (Sawyer et coll., 2021; J. Clark et coll., 2022). Les réglementations sur les combustibles propres doivent composer avec une perspective similaire d'offre excédentaire de crédits. Les négociations régulières entre les provinces et le gouvernement fédéral sur les accords d'équivalence sur la tarification industrielle du carbone sont également source d'incertitude (J. Clark et coll., 2022).

Les praticiens ont également dit craindre que les politiques existantes ne soient annulées ou modifiées, ce qui réduirait les incitatifs financiers qu'ils reçoivent. Par exemple, le Canada s'est engagé à augmenter le prix du carbone pour atteindre 170 dollars par tonne d'équivalent CO₂ en 2030. Toutefois, pour que ce prix soit bancable par les investisseurs, ceux-ci doivent être convaincus que le barème de prix est politiquement viable et que le système de tarification du carbone en vigueur au Canada valorisera les crédits générés par le projet à un niveau proche de ce prix. Le risque susmentionné d'une offre excédentaire de crédits menace de faire baisser la valeur des crédits en dessous du prix du carbone. Pour ce qui est de la pérennité, le Parti conservateur du Canada a proposé d'abroger la taxe fédérale sur le carbone. Bien qu'il ait l'intention de maintenir le système actuel de tarification basé sur la production – qui s'applique aux émetteurs industriels – à 50 dollars par tonne, on est encore loin des 170 dollars par tonne ciblés par le gouvernement libéral pour 2030 (Bulowski, 2022).

Parmi les méthodes proposées pour atténuer l'incertitude, on cite les contrats sur différence, mais ils n'ont pas encore été mis en œuvre au Canada (J. Clark et coll., 2022).

3.3.3. Manque d'infrastructures

Une autre raison qui fait grimper les coûts et accroît l'incertitude est le manque d'infrastructures publiques nécessaires – routes, lignes de transport d'électricité et réseau électrique – pour lancer des projets de combustibles propres. Rien n'encourage les investisseurs à assumer le coût de ces infrastructures; ils ont plutôt avantage à retarder leurs projets jusqu'à ce qu'elles soient installées. C'est pourquoi les gouvernements doivent intervenir et rectifier le tir.

Côté infrastructure physique, le Canada est constamment à la traîne par rapport à ses vis-à-vis mondiaux, ce qui le rend moins attrayant pour les investisseurs. Selon l'indice de performance logistique de la Banque mondiale, le Canada doit surtout sa 20^e place au classement – derrière notamment l'Allemagne, le Japon, les États-Unis, le Royaume-Uni – à sa piètre performance en matière d'infrastructure physique, pour laquelle il se classe au 21^e rang (Banque mondiale, 2018). Les communautés rurales et éloignées, où se situeront bon nombre de ces projets, présentent des lacunes encore plus importantes en matière d'infrastructures, ce qui a déjà dissuadé

des investisseurs. Par exemple, une mine de minéraux critiques dans les Territoires du Nord-Ouest a essuyé des retards à cause de l'absence d'une route d'hiver (Williams, 2021). Les communautés urbaines ne sont pas non plus épargnées. La ville de Windsor, en Ontario, a perdu une usine chimique de 2,5 milliards de dollars en raison d'un approvisionnement insuffisant en électricité (Canadian Broadcasting Corporation, 2022). Les déficits d'infrastructures sont encore plus prononcés dans les communautés rurales, éloignées et nordiques, où vivent surtout des communautés autochtones (D. Clark et coll., 2022).

C'est dans la modélisation des archétypes d'ammoniac bleu et vert que les déficits d'infrastructures se sont révélés le plus pertinents. Pour le projet d'ammoniac bleu de l'Alberta, le transport de l'ammoniac vers le marché par train ou par pipeline ainsi que l'accès à l'Alberta Carbon Trunk Line ont été soulignés comme les plus grandes sources d'incertitude financière. Pour que l'archétype sur l'ammoniac vert du Canada atlantique soit rentable, il faudrait un port en eau profonde doté de la capacité et des installations nécessaires pour exporter l'ammoniac vers les marchés étrangers, ainsi qu'un accès routier suffisant et une infrastructure de transport d'électricité.



3.3.4. Retombées des innovations et des évolutions technologiques

Bon nombre des archétypes modélisés utilisent des technologies encore émergentes, coûteuses et non éprouvées à grande échelle, ce qui fait monter les coûts et l'incertitude, et fait baisser l'attractivité pour les investisseurs potentiels. Pourtant, une fois ces obstacles passés, elles offrent des avantages que les promoteurs de projets individuels ne peuvent avoir. Au fil du temps, l'apprentissage par la pratique augmente la fiabilité et l'abordabilité des nouvelles technologies, ce qui profite aux autres entreprises qui les utilisent et à la société dans son ensemble.

Par exemple, le reformage autothermique, la méthode de production utilisée dans l'archétype sur l'ammoniac bleu, permet à l'installation d'atteindre le seuil de 90 % de captation et d'être considérée comme propre (Bauer et coll., 2022). Cependant, le reformage autothermique est susceptible d'être beaucoup plus coûteux à exploiter que l'autre solution, le reformage du méthane à la vapeur, d'autant plus que le reformage du méthane à la vapeur a un taux de captation du carbone plus faible (Oni et coll., 2022). Même s'il existe des procédés de reformage autothermique plus efficaces et plus rentables, comme le reformage autothermique assisté par membrane, ils n'ont pas encore fait leurs preuves à l'échelle (Cloete et coll., 2021). Il est donc difficile pour un projet d'ammoniac bleu vraiment sobre en carbone, comme celui que nous avons modélisé, de concurrencer d'autres formes d'ammoniac bleu, d'ammoniac gris ou même d'ammoniac vert dans certains cas.

Les projets d'hydrogène et d'ammoniac verts sont également confrontés à des problèmes de coûts technologiques. Bien que le prix des électrolyseurs nécessaires à la production d'hydrogène vert soit en baisse, leur coût élevé signifie encore que l'hydrogène vert ne risque pas de faire beaucoup concurrence à l'hydrogène bleu et gris avant 2028 au Canada (IRENA, 2022a).

Des problèmes similaires affectent les projets de biocarburants. La gazéification, la méthode de production modélisée dans notre archétype de biométhanol, est un processus compliqué. De nombreux développeurs ont eu de la difficulté à atteindre leurs objectifs de production et font face à des coûts plus élevés que prévu. Cette technologie n'a pas non plus fait ses preuves à grande échelle (Mishra et Upadhyay, 2021). Cela mine la confiance des investisseurs et la viabilité financière du projet. Le problème touche actuellement Enerkem, une entreprise canadienne qui utilise la gazéification pour créer du biobrut à partir de déchets solides municipaux. Elle peine à réunir suffisamment de capitaux pour faire avancer les 30 projets proposés, car de nombreuses banques et même des fonds ESG hésitent à lui accorder des prêts commerciaux en raison du manque de données de production sur la technologie utilisée par l'entreprise (Duarte, 2022).



Inversement, les économies d'échelle pourraient réduire considérablement le coût des technologies utilisées dans la production de combustibles propres. Une analyse récente laisse croire que cela pourrait se produire avec les électrolyseurs utilisés pour produire de l'hydrogène vert (Way et coll., 2021). Mais d'une manière générale, comme on ignore quelle serait l'ampleur de cette économie, les investisseurs potentiels n'en tiennent pas compte dans leurs calculs. Toutefois, l'inverse est également possible; une augmentation des dépenses d'investissement et d'exploitation pourrait découler de défis technologiques imprévus.

Une fois encore, si ces risques technologiques constituent un coût privé assumé par les promoteurs du projet, il existe des avantages publics substantiels dont ne profitent pas les entreprises privées qui construisent les projets de combustibles propres. Les promoteurs de projets inédits ne sont pas indemnisés pour les coûts et les risques supplémentaires associés à l'apprentissage par la pratique et à la mise à l'échelle de technologies émergentes qui ont un fort potentiel de retombées économiques et de décarbonisation, ce qui serait avantageux pour le Canada et le monde entier. Les risques et les coûts technologiques constituent donc une défaillance du marché qui nécessite l'intervention des pouvoirs publics.

3.3.5. Défis du marché du travail découlant des politiques

Les politiques gouvernementales influent également sur la pénurie de compétences et de main-d'œuvre dans le secteur des technologies propres.


Comme l'expliquent de nombreux analystes, la pénurie de main-d'œuvre à court terme est peut-être une conséquence de la pandémie, mais à moyen et long terme, les tensions du marché du travail pourraient persister en raison du vieillissement de la population canadienne, de l'inadéquation des compétences et du recours insuffisant aux immigrants qualifiés (Carmichael, 2022; Janzen et coll., 2022).

Il faudra probablement modifier les politiques d'immigration afin d'attirer des immigrants possédant les compétences nécessaires pour garantir un avenir sobre en carbone et déployer des programmes de formation professionnelle pour les travailleurs déjà au Canada pour combler les lacunes. En particulier, les programmes de perfectionnement et de formation régionaux pour les travailleurs des industries à forte intensité de carbone ayant des compétences transférables et les travailleurs des communautés rurales, éloignées et autochtones sont des atouts précieux pour remédier aux pénuries de main-d'œuvre (Harding et Forman, 2022).

3.3.6. Délai d'octroi des permis

La lenteur et la difficulté d'obtention des permis restent l'un des principaux obstacles à la mise en œuvre des projets de combustibles propres.

Aussi bien les experts en biocarburants et en hydrogène sobre en carbone que les promoteurs de projets ont souligné la difficulté de s'engager dans les processus de demande d'autorisation et d'approbation, souvent répétitifs, auprès de plusieurs ordres de gouvernement et autorités de réglementation du secteur de l'énergie. Même si à certains endroits, comme en Colombie-Britannique, il existe des incitatifs financiers importants pour les projets de combustibles propres comme la norme sur les carburants sobres en carbone, le manque de capacité du gouvernement à



Les promoteurs de projets inédits ne sont pas indemnisés pour les coûts et les risques supplémentaires liés à l'apprentissage par la pratique et à la transposition à plus grande échelle de technologies naissantes.

traiter les demandes de développement a entravé la croissance des combustibles propres que cette norme est supposée encourager.

Ce sentiment généralisé chez les experts que nous avons consultés est étayé par l'indice de compétitivité mondial du Forum économique mondial. Dans son rapport 2017-2018, ce dernier a constaté que l'inefficacité de la bureaucratie gouvernementale était le « facteur le plus problématique pour faire des affaires » au Canada, qui s'est aussi classé 36^e au monde pour le « fardeau de la réglementation gouvernementale » dans l'édition 2019, derrière de nombreux autres pays (Forum économique mondial, 2017; Forum économique mondial, 2019). De plus, l'Independent Contractors and Businesses Association de la Colombie-Britannique a établi qu'il fallait en moyenne 250 jours pour faire approuver un permis de construction type au Canada. C'est trois fois plus long qu'aux États-Unis, et le Canada se classe au 34^e rang parmi 35 pays de l'OCDE à cet égard (Gardner, 2020).


Les installations situées dans des zones plus peuplées, comme dans l'archétype pour le biométhanol dans le sud de l'Ontario, se heurtent à des obstacles encore plus importants en matière d'obtention de permis, ce qui pourrait inciter les promoteurs de projets à opter pour une zone rurale. Cependant, ce choix augmente les coûts de transport, ce qui nuit à la viabilité financière des projets potentiels.

Autre entrave à l'avancement de ces projets de combustibles propres : les délais des permis de construire pour les infrastructures physiques nécessaires.

3.3.7. Retombées sociales de la coopération et du partenariat avec les Autochtones

L'établissement de partenariats équitables et mutuellement bénéfiques avec les peuples autochtones est essentiel à la réussite économique de tout projet de combustibles propres et au succès de la transition vers une économie sobre en carbone au Canada. Cependant, de nombreuses entreprises renoncent à établir des liens avec les communautés autochtones à cause des importantes ressources que cela exige; elles ne parviennent pas toujours à imaginer tous les avantages de la réconciliation pour l'ensemble de la société. En outre, les failles des politiques passées et présentes, enracinées dans le colonialisme, ont empêché les Autochtones de participer pleinement à l'économie et à la société canadiennes. Les gouvernements ont donc un rôle à jouer dans la mise en place de partenariats solides entre les peuples autochtones et les promoteurs de projets.

La création de liens solides avec les partenaires autochtones présente des avantages tant pour les Autochtones que pour les promoteurs de projets. Les communautés autochtones ont en effet des connaissances uniques, fondées sur les expériences vécues et la sagesse culturelle, ce qui peut améliorer la durabilité des projets de combustibles propres et jouer un rôle essentiel pour réduire l'impact environnemental des projets et garantir que les entreprises respectent les normes ESG. L'établissement d'ententes conjointes sur les répercussions et les avantages – ou, idéalement, de partenariats qui rendent la prospérité équitable – présente des avantages mutuels, font progresser la réconciliation et renforcent l'adhésion des communautés depuis la conception du projet jusqu'à l'exploitation. Les promoteurs financent des projets dans les communautés autochtones, ce qui peut être une source de richesse et d'emploi à long terme; et les communautés



Construire des partenariats équitables et mutuellement bénéfiques avec les peuples Autochtones est essentiel pour le succès économique de n'importe quel projet de combustibles propres.

travaillent à leur tour dans les installations et partagent leurs connaissances, ce qui favorise la réussite des projets (Ross, 2022; Podlasly, 2022).

Les retombées publiques des partenariats entre les Autochtones et le secteur privé sont encore plus nombreuses. Au-delà de la réconciliation et de l'accroissement de la richesse et la prospérité des communautés autochtones, ces partenariats produisent des externalités positives, car ils constituent un modèle dont les futurs promoteurs de projets peuvent s'inspirer et appliquer les meilleures pratiques. Si les promoteurs de projets ne profitent pas de ces avantages, il y a une défaillance du marché qui devrait inciter les pouvoirs publics à intervenir pour y remédier.


À l'inverse, le non-respect des droits et de la souveraineté des peuples autochtones, en plus d'être moralement répréhensible, entache la réputation des promoteurs de projets et leur fait courir des risques juridiques. Comme le demande instamment la Commission de vérité et réconciliation dans l'appel à l'action 92, les entreprises canadiennes devraient « adopter la Déclaration des Nations unies sur les droits des peuples autochtones en tant que cadre de réconciliation et appliquer les normes et les principes qui s'y rattachent dans le cadre des politiques organisationnelles et des principales activités opérationnelles » (Commission de vérité et réconciliation du Canada, 2015). Bien que ce ne soit pas obligatoire à l'heure actuelle, l'évolution des normes sociétales en matière d'inclusion des peuples autochtones signifie que les entreprises qui y dérogent feront face à de plus en plus de sanctions. Par exemple, les actions de la société minière Tahoe Resources, basée à Vancouver, sont tombées de 27 dollars à 5 dollars parce qu'elle camouflé l'opposition autochtone à ses opérations minières au Guatemala (Imai et Colgrove, 2021).

Entre-temps, les projets de loi C-15 et C-69 imposent de nouvelles obligations aux entreprises pour qu'elles étendent leur devoir de consultation et fixent de nouveaux critères à respecter dans les évaluations fédérales d'impact sur l'environnement (Ugochukwu, 2019).

Si les partenariats solides entre les peuples autochtones et les promoteurs de projets ont des retombées publiques, la négligence des entreprises privées a plutôt l'effet inverse. Elle nuit aux efforts de réconciliation et complique l'exécution des projets nécessaires pour atteindre les objectifs climatiques du Canada et créer une économie compétitive sobre en carbone; cela représente une défaillance du marché et des politiques que les politiques publiques peuvent atténuer.

Par conséquent, le rôle que doivent jouer les gouvernements est clair. Tout d'abord, ils pourraient créer des programmes de formation accrédités, élaborés en collaboration avec les gouvernements autochtones et intégrant les connaissances ancestrales dans une approche de double regard. Il s'agit d'aider les Autochtones à faire carrière en tant qu'ouvriers qualifiés dans le secteur des combustibles propres, pour que l'entreprise emploie des Autochtones du milieu où elle opère, pour combler le fossé de l'emploi creusé à la colonisation et pour garantir des emplois pour les sept générations à venir.

Ensuite, les limites de capacité peuvent empêcher les peuples autochtones de participer aux projets sur la croissance propre. Par conséquent, pour tisser des liens solides entre les promoteurs de projets non autochtones et les communautés autochtones, il faut investir dans le renforcement des capacités, ce qui peut être



L'établissement d'accords sur les retombées et les avantages, élaborés conjointement avec les communautés Autochtones - ou, idéalement, de partenariats de financement maximisant la richesse - apporte des avantages mutuels, favorise la réconciliation et accroît l'adhésion des communautés, de la construction du projet à sa phase d'exploitation.

facilité par les gouvernements (Gray, 2016). Les programmes de ce genre, comme ceux offerts par le gouvernement de la Colombie-Britannique dans le cadre du fonds First Nations Clean Energy Business, constituent un bon modèle à suivre (gouvernement de la Colombie-Britannique, 2023b).

Enfin, certaines Premières Nations s'intéressent à la réalisation de projets de combustibles propres. Par exemple, la nation Siksika travaille avec Reconciliation Energy Transition inc. à la construction d'une installation pour les carburants d'avion durables afin d'approvisionner l'aéroport international de Calgary (Tuttle, 2022). Cependant, il est difficile pour les communautés autochtones de mener directement des projets et de nouer des partenariats financiers sans intervention du gouvernement, en raison de l'héritage et des répercussions persistantes du colonialisme. En particulier, la *Loi sur les Indiens* continue d'empêcher les peuples autochtones de posséder des terres et de faire du commerce, ce qui empêche les gouvernements autochtones d'utiliser leurs actifs comme garantie. De ce fait, ils sont considérés comme des emprunteurs « à haut risque » qui ne peuvent obtenir de prêts à des taux d'intérêt commerciaux normaux (Von der Porten et Podlasly, 2021). Les partenariats financiers et la propriété directe étant particulièrement avantageux pour les communautés autochtones parce qu'ils favorisent une prospérité à long terme, les gouvernements doivent intervenir pour combler cette faille dans les politiques (Garcha, 2022). Ils pourraient régler la situation en proposant des garanties de prêt comme cela se fait avec l'Alberta Indigenous Opportunities Corporation et le Programme de garanties d'emprunt pour les Autochtones (PGEA) du gouvernement de l'Ontario, ou encore au moyen d'un fonds renouvelable (Calla, 2021; Gale et Hyder, 2023).



Piles de copeaux de bois destinés à être transformés en granulés de bois - un sous-produit de l'industrie du bois et une ressource renouvelable.

CONCLUSION :

ÉLIMINATION DES OBSTACLES AUX PROJETS INÉDITS DE COMBUSTIBLES PROPRES

Il se peut que seuls certains des projets de combustibles propres qui génèrent des avantages nets pour le Canada soient intéressants pour les investisseurs privés, étant donné les obstacles. Toutefois, compte tenu des ressources et des fonds publics limités, les gouvernements canadiens devraient concentrer leur soutien sur les projets qui ne sont pas rentables pour les investisseurs privés en raison des défaillances du marché et des politiques.

Les obstacles auxquels se heurtent les projets inédits de combustibles propres sont uniques : les politiques adoptées devraient l'être tout autant. Dans certains cas, on peut considérer des incitatifs financiers ou des investissements publics, sous forme de contrats sur différence ou de crédits d'impôt à l'investissement permettant de surmonter l'incertitude politique. On pourrait aussi faciliter la participation des partenaires autochtones par des garanties de prêt. Pour d'autres projets, ce sont des changements structurels dans la réglementation et le marché du travail qui pourraient permettre la première pelletée de terre. La réforme de l'octroi des permis a été également évoquée comme une étape clé pour faire avancer les projets de combustibles propres lors de nos séances de consultation; les experts ont souligné le changement de nom et de mandat de la B.C. Oil and Gas Commission, qui devient un guichet unique pour la délivrance des permis, les processus réglementaires et la conformité (gouvernement de la Colombie-Britannique, 2022b).

Aucun projet sur les combustibles propres n'étant parfaitement semblable aux autres, il faudra divers instruments financiers et nouvelles politiques pour garantir que les projets de croissance propre puissent mobiliser les capitaux privés dont ils ont besoin pour démarrer.

Cependant, tous les gouvernements doivent relever deux défis qui les poussent souvent dans des directions opposées lorsqu'ils élaborent des politiques visant à soutenir les projets non seulement de combustibles propres, mais aussi de croissance propre en général. **D'abord, un des commentaires que nous avons reçus transcende tous les types de projets de combustibles propres : la nécessité d'agir rapidement.**


Comme l'a reconnu le gouvernement fédéral l'an dernier, les mesures annoncées dans l'Énoncé économique de l'automne n'étaient qu'un « acompte » (ministère des Finances Canada, 2022b). À l'heure où les États-Unis ont déjà mis en œuvre

Alors que les États-Unis ont déjà mis en œuvre l'Inflation Reduction Act, que l'Union européenne prépare sa propre stratégie industrielle de croissance propre et que la Chine investit massivement dans les énergies renouvelables, le Canada doit rapidement mettre en place un environnement politique plus permissif.

leur loi sur la réduction de l'inflation, où l'Union européenne prépare son propre programme de combustibles propres et où la Chine investit massivement dans les énergies renouvelables, le Canada doit se donner des politiques plus permissives (Liboreiro, 2023; Yin, 2023).

Simultanément, le Canada doit être prudent et réfléchi quant à la manière dont il soutient les projets de croissance propre. Le pays devra vraisemblablement adopter une approche plus ciblée que son voisin du sud en raison de sa taille moins importante et de sa capacité fiscale plus limitée (Beck, 2022). Ceci dit, il devra absolument établir des critères pour que le soutien soit réservé aux projets qui n'auraient pas pu voir le jour sans intervention publique et qui offrent manifestement des avantages pour le pays.

En fin de compte, tous les gouvernements doivent formuler une approche ciblée, intelligente et purement canadienne pour construire un avenir sobre en carbone qui tire parti de ses avantages concurrentiels – y compris pour la production d'hydrogène à faibles émissions et de biocarburants avancés – en maintenant la prospérité économique en ligne de mire.



Enfin, les gouvernements à tous les niveaux doivent formuler une approche intelligente et ciblée, propre au Canada, pour construire un avenir à faible teneur en carbone qui tire parti de ses avantages concurrentiels - y compris dans la production d'hydrogène à faible teneur en carbone et de biocarburants avancés - pour assurer la prospérité économique future.

ANNEXE 1 : MÉTHODOLOGIE ET CRITÈRES DE SÉLECTION DES ARCHÉTYPES

L'objet de la modélisation du flux de trésorerie effectuée par Seton Stiebert, Francis Li et Chris Bataille était de définir cinq archétypes de projets de combustibles à faible émission qui soient représentatifs des projets de combustibles propres pouvant réalistement voir le jour au Canada dans un futur proche.

Voici les critères de sélection des archétypes :

Critère	À prendre en compte
Conformité avec l'objectif de carboneutralité d'ici 2050	<p>La demande du produit devrait se maintenir ou augmenter dans une économie mondiale carboneutre.</p> <p>Le projet permet d'accélérer le déploiement des capitaux et de la technologie sans se détourner de la trajectoire carboneutre du secteur. On reconnaît que différentes technologies seront nécessaires pour arriver à zéro émission nette.</p> <p>Les projets doivent être en accord avec les objectifs de durabilité à long terme et surtout s'inscrire dans l'optique d'une transition à long terme (2050) vers une production d'énergie entièrement propre qui couvre à la fois les émissions directes (portée 1), les émissions indirectes (portée 2) et les émissions sur tout le cycle de vie, de l'amont à l'aval (portée 3).</p>
Intérêt d'entreprises en activité au Canada	<p>Le projet potentiel table sur des stratégies à long terme ou des plans de financement d'entreprises en activité au Canada.</p> <p>Le projet doit également être concurrentiel face aux autres solutions à faible émission de gaz à effet de serre. L'accent est mis sur les projets inédits de production d'énergie au Canada qui peuvent être déployés à grande échelle et répondent à diverses utilisations finales qui pourraient avoir des débouchés et concurrencer les autres solutions.</p>
Degré d'évolution et de maturité technologiques	<p>Meilleures options à court terme pour une production à faible émission de gaz à effet de serre : au minimum, niveau de maturité technologique de 7 (développement du prototype), mais n'a pas été massivement commercialisé dans le monde ou construit au Canada.</p>
Utilisation des avantages concurrentiels régionaux du Canada : « Pourquoi ici? »	<p>Analyse l'avantage concurrentiel régional (comme la chaîne d'approvisionnement en intrants, les faibles coûts d'exploitation, la disponibilité de la main-d'œuvre ou des talents, les coûts énergétiques, les marchés existants) pour déterminer les sites adaptés et le potentiel d'exportation.</p>
Prise en compte des risques liés aux changements climatiques, de la vulnérabilité des collectivités et de la diversité géographique	<p>Les lieux et les capacités de production, y compris la diversité régionale, la vulnérabilité aux changements climatiques, la vulnérabilité des collectivités à la transition (comme la perte d'emploi). Comprend les impacts potentiels sur les Premières Nations ou les peuples autochtones.</p>

Douze archétypes de projets ont été étudiés selon les critères du tableau précédent et proposés à l'Institut climatique du Canada à des fins de discussion et de commentaires. Des consultations ont également eu lieu avec les parties prenantes pour revoir la liste et les critères de sélection. La grille qui suit montre le raisonnement derrière le choix des cinq archétypes :

Description du projet	Brève justification du choix
1 Projet d'hydrogène vert dans une zone industrielle de l'est de Montréal	Forte demande d'hydrogène pour de nombreux produits industriels de grande valeur. Intérêt actif et démontré à cet endroit pour des projets similaires. Représentation régionale pour le Québec et l'industrie lourde.
2 Biobrut fait à partir de déchets de bois d'exploitation à Prince George, Colombie-Britannique	Grande disponibilité de biomasse de déchets ou de résidus d'exploitation forestière inutilisés dans les environs de Prince George. Intérêt actif et démontré pour les projets similaires. Représentation rurale des communautés vulnérables historiquement qui dépendaient de la sylviculture pour faire de la pâte à papier (demande en baisse). Possibilité de cotraitement du biobrut dans des raffineries existantes pour réduire globalement l'investissement en capital et les coûts d'exploitation.
3 Biométhanol dérivé de déchets municipaux solides produit et traité dans le sud de l'Ontario.	Grande disponibilité de biomasse résiduelle à faible coût. Présence d'entreprises technologiques canadiennes qui construisent des installations inédites. Produit de grande valeur avec des marchés multiples (transport, industrie).
4 Ammoniac bleu produit en Alberta.	Faible coût de l'approvisionnement en méthane. Présence de l'usine et de l'infrastructure de CUSC.
5 Hydrogène vert destiné à l'exportation dans le Canada atlantique rural.	Possibilité d'un approvisionnement en électricité à faible coût et en très grande quantité à partir du Labrador. Présence d'un port en eau profonde sous-exploité à Stephenville, Terre-Neuve. Disponibilité d'une flotte de navires adaptés au transport de l'ammoniac vers l'Europe.

Un projet de modèle financier a été conçu pour estimer la valeur actuelle nette (VAN) de chaque archétype selon les flux de dépenses d'exploitation (OPEX), de dépenses d'immobilisation (CAPEX) et de revenus. Le modèle financier, réalisé dans un tableur Excel, retrace les flux de trésorerie sur toute la durée de la construction et de l'exploitation du projet, en tenant compte des taux de financement et d'actualisation.

La valeur nette actuelle (VNA) de tous les coûts et revenus est calculée pour déterminer la rentabilité et le taux de rendement interne simple du projet, qui se calcule comme suit :

$$\text{Taux de rendement interne simple} = \frac{\text{Flux de trésorerie positif}}{\text{Flux de trésorerie négatif}} - 1 = \text{VNA} \left(\frac{\text{Revenu}}{\text{CAPEX} + \text{OPEX}} \right) - 1$$

Les coûts de production unitaires physiques sont également calculés pour être comparés aux prévisions des prix du marché. Des fourchettes ou des valeurs minimales, centrales et maximales sont introduites pour les variables importantes du projet. Une analyse de sensibilité des principales variables est effectuée pour comprendre l'influence de chacune sur l'économie du projet. Des simulations de Monte Carlo sont également effectuées en utilisant une gamme de valeurs rapportées (minimales, centrales et maximales) pour générer un histogramme des résultats.

Pour plus d'informations concernant la modélisation financière, veuillez contacter Jared Forman à jforman@climateinstitute.ca.

REMERCIEMENTS

Auteur

Jared Forman, associé de recherche, Institut climatique du Canada

Contributeurs de l'Institut

Jonathan Arnold, associé de recherche principal, Croissance propre, Institut climatique du Canada

Marisa Beck, directrice, Croissance propre, Institut climatique du Canada

Dale Beugin, vice-président exécutif, Institut climatique du Canada

Janina Stajic, spécialiste principale des communications, Institut climatique du Canada

Calvin Trottier-Chi, associé de recherche, Institut climatique du Canada

Catharine Tunnacliffe, directrice des communications, Institut climatique du Canada

Collaborateurs externes – modèles financiers

Chris Bataille, professeur auxiliaire à l'Université Simon-Fraser, chercheur à l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI)

Francis Li, ingénieur principal, Yarcom Inc.

Seton Stiebert, Stiebert Consulting, associé à l'Institut international du développement durable (IISD), associé principal chez EnviroEconomics

Réviseurs externes

Shianne McKay, gestionnaire principale de projet au Centre for Indigenous Environmental Resources (CIER) et membre du Conseil consultatif de l'Institut climatique du Canada

Seton Stiebert, directeur de Stiebert Consulting, collaborateur à l'Institut international du développement durable (IISD), associé principal chez EnviroEconomics

L'auteur et ses collaborateurs tiennent également à remercier tous les participants dont les commentaires ont aidé à façonner ce document.

Aide à la production

Graphisme et mise en page : Laurie Barnett, graphiste

Traduction : Coop Edgar

Pour citer : Forman, Jared. 2023. *Examen des obstacles aux projets inédits de combustibles propres au Canada*. Institut climatique du Canada.

RÉFÉRENCES

- AIE (Agence internationale de l'énergie). 2022a. *World Energy Outlook 2021*. Novembre. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- AIE (Agence internationale de l'énergie). 2022b. *Renewables 2022*. Novembre. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ada7af90-e280-46c4-a577-df2e4fb44254/Renewables2022.pdf>
- AIE (Agence internationale de l'énergie). 2022c. « Is the biofuel industry approaching a feedstock crunch? » décembre. <https://www.iea.org/reports/is-the-biofuel-industry-approaching-a-feedstock-crunch>
- APERC [Asia Pacific Energy Research Centre]. 2018. *Perspectives on Hydrogen in the APEC Region*. juin. <https://aperc.or.jp/file/2018/9/12/Perspectives+on+Hydrogen+in+the+APEC+Region.pdf>
- Apostoleris, Harry, Amal Al Ghaferi et Matteo Chiesa. 2021. « What is going on with Middle Eastern solar prices, and what does it mean for the rest of us? » *Progress in Photovoltaics*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppp.3414>
- Arnold, Jonathan, Rachel Samson, Sachi Gibson, Antonio Ding et Melissa Felder. 2022. *Les possibilités de la transition carboneutre : une comparaison interprovinciale* Institut climatique du Canada. <https://climateinstitute.ca/wp-content/uploads/2022/05/Provincial-summary-FR.pdf>
- Ballester, Cristina et Dolores Furió. 2015. « Effects of renewables on the stylized facts of electricity prices. » *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52 (décembre). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115008151>
- Banque mondiale. 2017. *Global Rankings 2018* [Tableau de données]. <https://ipi.worldbank.org/international/global?sort=asc&order=Infrastructure#datatable>
- Bauer, Christian, Karin Treyer, Cristina Antonini, Joule Bergerson, Matteo Gazzani, Emre Gencer, Jon Gibbins, Marco Mazzotti, Sean T. McCoy, Russell McKenna, Robert Pietzcker, Arvind P. Ravikumar, Matteo C. Romano, Falko Ueckerdt, Jaap Ventek et Mijndert van der Spek. 2022. « On the climate impacts of blue hydrogen production. » *Sustainable Energy & Fuels* 1. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/se/d1se01508g>
- Beck, Marisa, Don Drummond et Stewart Elgie. 2023. « Optimiser la boîte à outils politique du Canada pour viser la croissance propre » *Options politiques*. 21 février. <https://institutclimatique.ca/optimiser-la-boite-a-outils-politique-du-canada-pour-viser-la-croissance-propre/>
- Beck, Marisa. 2022. « Répercussions de l'Inflation Reduction Act : quelles options pour le Canada? » *Institut climatique du Canada* [blogue]. 2 novembre. <https://institutclimatique.ca/inflation-reduction-act-quelles-options-pour-le-canada/>
- Bulowski, Natasha. 2022. « Conservatives ditch carbon pricing plan. » *Canada's National Observer*. 10 février. <https://www.nationalobserver.com/2022/02/10/news/conservatives-ditch-carbon-pricing-plan-after-erin-otooles-ouster>
- Bureau du vérificateur général du Canada. 2022. *Rapport 3 – Le potentiel de l'hydrogène pour réduire les émissions de gaz à effet de serre*. Avril. https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_202204_03_f_44023.html
- Calla, Jason. 2021. *Improving Access to Capital for Indigenous Groups to Purchase Equity Stakes in Major Resource Projects: Reviewing existing approaches to inform a National Benefits-Sharing Framework*. FNMPC [First Nation Major Projects Coalition]. https://14x5f4.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2021/04/FNMPC_Reviewing_Access_final.pdf
- Canadian Broadcasting Corporation. 2022. « Windsor loses out on \$2.5-billion plant from LG Chem due to lack of energy supply. » 11 mai. <https://www.cbc.ca/news/canada/windsor/windsor-plant-lg-1.6448304>
- Carmichael, Kevin. 2022. « Help Wanted: Acute labour shortages about to become chronic source of economic pain. » *Financial Post*. 31 octobre. <https://financialpost.com/fp-work/help-wanted/acute-labour-shortages-chronic-kevin-carmichael>
- Clark, Dylan, Dena Coffman, Ryan Ness, Isabelle Bujold et Dale Beugin. 2022. *Plein Nord : faire face aux coûts des changements climatiques pour les infrastructures du Nord*, Institut climatique du Canada. <https://climateinstitute.ca/wp-content/uploads/2022/06/Plein-Nord.pdf>
- Clark, Jason, Blake Shaffer, Michael Bernstein, Jake Wadland et Dale Beugin. 2022. *Closing the Carbon-Pricing Certainty Gap*. Clean Prosperity et Institut climatique du Canada. https://climateinstitute.ca/wp-content/uploads/2022/10/Closing_the_Carbon-Pricing_Certainty_Gap.pdf
- Cloete, Schalk, Mohammed Nazeer Khan, Shareq Mohd Nazir, et Shahriar Amini. 2021. « Cost-effective clean ammonia production using membrane-assisted autothermal reforming. » *Chemical Engineering Journal* 404 (janvier). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894720326784>
- Collins, Leigh. 2022. « Why multi-million-dollar blue hydrogen investments might fast end up as 'stranded assets.' » *Recharge*. 17 janvier. <https://www.rechargenews.com/energy-transition/why-multi-million-dollar-blue-hydrogen-investments-might-fast-end-up-as-stranded-assets/2-1-1146527>
- Commission de l'écofiscalité du Canada (2016). *Corriger le tir : L'heure est venue de repenser les politiques canadiennes sur les biocarburants*. Octobre. <https://ecofiscal.ca/wp-content/uploads/2016/10/Ecofiscal-Commission-Course-Correction-Biofuels-Report-October-2016.pdf>
- Commission de vérité et réconciliation du Canada. 2015. *Honorer la vérité, réconcilier pour l'avenir : Sommaire du rapport final de la Commission de vérité et réconciliation du Canada* https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/trc/IR4-7-2015-fra.pdf
- de Giovanni, Arnaud et Ben Warren. 2022. *Renewable Energy Country Attractiveness Index: Can decentralized energy get good enough, fast enough?* Ernst & Young. https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/power-and-utilities/ey-recai-60-v2.pdf
- de Pee, Arnout, Dickon Pinner, Occo Roelofsen, Ken Somers, Eveline Speelman et Maaïke Witteveen. 2018.

Decarbonization of industrial sectors: the next frontier. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>

DiChristopher, Tom. 2021. « Blue hydrogen serves as low-carbon bridge to green hydrogen future, experts say. » *S&P Global Market Intelligence*. 27 août. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/blue-hydrogen-serves-as-low-carbon-bridge-to-green-hydrogen-future-experts-say-66321776>

Dion, Jason, Anna Kanduth, Jeremy Moorhouse et Dale Beugin. (2021). *Vers un Canada carboneutre : s'inscrire dans la transition globale*. Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques). https://climatechoices.ca/wp-content/uploads/2021/02/Vers-un-Canada-carboneutre_FINAL.pdf

Dion, Jason, Caroline Lee, Anna Kanduth, Christiana Guertin et Dale Beugin. 2022. *Volte-face : comment alimenter un Canada carboneutre* Institut climatique du Canada. <https://climateinstitute.ca/wp-content/uploads/2022/05/Volte-face-4-mai-2022.pdf>

Duarte, Esteban. 2022. « BlackRock-Backed Biofuel Firm Says Timid Lenders Slow New Tech. » *Bloomberg*. 15 septembre. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-09-15/blackrock-backed-biofuel-firm-says-timid-lenders-slow-new-tech#xj4y7vzkg>

Energy Transitions Commission. 2018. *Mission Possible : Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors*. novembre. https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2020/08/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf

Energy Transitions Commission. 2021. *Making the Hydrogen Economy Possible: Accelerating Clean Hydrogen in an Electrified Economy*. avril. <https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2021/04/ETC-Global-Hydrogen-Report.pdf>

Fleury, Katy. 2022. « U.S. natural gas price saw record volatility in the first quarter of 2022. » *United States Energy Information Administration*. 24 août. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=53579>

Forman, Jared et Jonathan Arnold. 2023. « Lever les freins à la décarbonisation (partie I). » *Institut climatique du Canada* [blogue]. 4 janvier. <https://institutclimatique.ca/lever-les-freins-a-la-decarbonisation-partie-1/>

Forum économique mondial. *The Global Competitiveness Report 2017-2018*. <https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf>

Forum économique mondial. *The Global Competitiveness Report 2019*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Gale, Sharleen et Goldy Hyder. 2023. « Meeting Canada's clean energy targets must include Indigenous partnerships » *Toronto Star*. 25 février. <https://www.thestar.com/business/opinion/2023/02/25/meeting-canadas-clean-energy-targets-must-include-indigenous-partnerships.html>

Garcha, Neeta. 2022. « Why Indigenous-led projects could be key to combating Canada's energy dilemma. » *Global News*. 21 septembre. <https://globalnews.ca/news/9142106/>

[indigenous-projects-canada-energy-landlocked/](https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/indigenous-projects-canada-energy-landlocked/)

Gardner, Chris. « Slow permit processes undermine Canada's competitiveness. » *theORCA*. 25 février. <https://theorca.ca/visiting-pod/slow-permit-processes-undermine-canadas-competitiveness/>

Gordon, Deborah, Eugene Boakye et Dana C. Jackson. 2022. « Clean fuel incentives in the Inflation Reduction Act of 2022. » *RSM*. 15 août. <https://rsmus.com/insights/tax-alerts/2022/clean-fuel-incentives-in-the-inflation-reduction-act-of-2022.html>

Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2022a. *Part 3 Agreements*. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/electricity-alternative-energy/transportation-energies/renewable-low-carbon-fuels/part-3-agreements>

Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2022b. *B.C. making changes to advance hydrogen industry*. <https://news.gov.bc.ca/releases/2022EMLI0055-001598>

Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2023a. *Greenhouse Gas Reduction (Renewable and Low Carbon Requirements) Act*. 8 février. https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/08016_01#part3

Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2023b. *First Nations Clean Energy Business Fund*. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/natural-resource-stewardship/consulting-with-first-nations/first-nations-clean-energy-business-fund>

Gouvernement du Canada. 2022. *Clean Fuel Regulations : SOR/2022-140*. 21 juin. <https://www.canadagazette.gc.ca/rp-pr/p2/2022/2022-07-06/html/sor-dors140-eng.html>

Gray, Bryn. 2016. *Building Relationships and Advancing Reconciliation through Meaningful Consultation*. Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada. <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/eng/1498765671013/1609421492929?wbdisable=true>

Groupe consultatif pour la carboneutralité. 2021. *Compete and Succeed in a Net Zero Future*. Janvier. https://nzab2050.ca/publications/news_feed/net-zero-advisory-body-s-annual-report

Guldimann, Colin et Naomi Powell. 2022. *Green Collar Jobs : The skills revolution Canada needs to reach Net Zero*. Banque Royale du Canada. <https://thoughtleadership.rbc.com/green-collar-jobs-the-skills-revolution-canada-needs-to-reach-net-zero/>

Harding, Simon et Jared Forman. 2022. *Main-d'œuvre carboneutre et rôle de la formation professionnelle dans la transition climatique du Canada* *Institut climatique du Canada* [blogue]. 2 juin. <https://institutclimatique.ca/main-doeuvre-carboneutre/>

Hirschhorn, Philip et Tom Brijs. 2022. « Will Electricity Be Free? Not When You Really Need It. » *Boston Consulting Group*. 4 avril. <https://www.bcg.com/en-ca/publications/2022/free-electricity-unlikely-when-needed>

HTEC (auparavant Zen). 2019. *British Columbia Hydrogen Study*. <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/government/ministries-organizations/zen-bcbn-hydrogen-study-final-v6.pdf>

Imai, Shin et Sarah Colgrove. 2021. « Investors are increasingly shunning mining companies that violate human rights. » *The Conversation*. 22 février. <https://theconversation.com/investors-are-increasingly-shunning-mining-companies-that-violate-human-rights-154702>

- Institut de l'énergie Trottier. 2021 *Canadian Energy Outlook*. https://iet.polymtl.ca/wp-content/uploads/delightful-downloads/CEO2021_20211112.pdf
- IRENA (Agence internationale pour les énergies renouvelables). 2021. *Green Hydrogen Supply: A Guide to Policy Making*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/May/IRENA_Green_Hydrogen_Supply_2021.pdf
- IRENA (Agence internationale pour les énergies renouvelables). 2022a. *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA_Geopolitics_Hydrogen_2022.pdf?rev=1cfe49ee979409686f101ce24ffd71a
- IRENA (Agence internationale pour les énergies renouvelables). 2022b. *World Energy Transitions: Outlook 2022 1.5 Pathway*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Mar/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2022.pdf?rev=353818def8b34effa24658f475799464
- Janzen, Nathan, Claire Fan et Naomi Powell. 2022. « Proof Point: Canada's labour shortages will outlive a recession » *Banque Royale du Canada* [blogue]. 20 juillet. <https://thoughtleadership.rbc.com/proof-point-canadas-labour-shortages-will-outlive-a-recession/>
- Jeswani, Harish K., Andrew Chilvers et Adisa Azapagic. 2020. « Environmental sustainability of biofuels: a review. » *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences* 476(2231) (novembre). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7735313/>
- La Maison-Blanche. 2021. *Building a Clean Energy Economy: A Guidebook to the Inflation Reduction Act's Investments in Clean Energy and Climate Action*. Janvier. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>
- Layzell, David B., Cameron Young, Jessica Yof, Jonathan Leary et Song Sit. 2020. *Towards Net-Zero Energy Systems in Canada: A Key Role for Hydrogen*. L'Accélérateur de transition. https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2020/09/Net-zero-energy-systems_role_for_hydrogen_200909-Final-print-1.pdf
- Lee, Caroline, Jason Dion et Christiana Guertin. 2022. *Plus grands, plus propres, plus intelligents : aligner les systèmes électriques canadiens avec la carboneutralité*. Institut climatique du Canada. <https://climateinstitute.ca/wp-content/uploads/2022/05/Plus-grands-plus-propres-plus-intelligents-May-4-2022.pdf>
- Lee, Roland Arthur et Jean-Michel Lavoie. 2013. « From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity. » *Animal Frontiers* 3(2) (avril). <https://academic.oup.com/af/article/3/2/6/4638639>
- Liboreiro, Jorge. 2023. « UE presents new industrial plan to counter American green subsidies and prevent talent drain. » *euronews*. 1^{er} février. <https://www.euronews.com/my-europe/2023/02/01/eu-presents-new-industrial-plan-to-counter-american-green-subsidies>
- Mankins, John C. 1995. « Technology Readiness Levels. » *National Aeronautics and Space Administration*. https://aiaa.kavi.com/apps/group_public/download.php/2212/TRLs_MankinsPaper_1995.pdf
- Marcacci, Silvio. 2022. « \$28 Billion In New Clean Energy Manufacturing Investments Announced Since Inflation Reduction Act Passed. » *Forbes*. 12 octobre. <https://www.forbes.com/sites/energyinnovation/2022/10/12/roughly-28-billion-in-new-clean-energy-manufacturing-investments-announced-since-inflation-reduction-act-passed/?sh=619e17366159>
- Ministère des Finances Canada. 2022a. *Énoncé économique de l'automne de 2022*. 3 novembre. <https://www.canada.ca/fr/ministere-finances/nouvelles/2022/11/allocution-de-la-vice-premiere-ministre-a-loccasion-de-lenonce-economique-de-lautomne-de-2022.html>
- Ministère des Finances Canada. 2022b. *Allocution de la vice-première ministre à l'occasion de l'Énoncé économique de l'automne de 2022*. 3 novembre. <https://www.canada.ca/fr/ministere-finances/nouvelles/2022/11/allocution-de-la-vice-premiere-ministre-a-loccasion-de-lenonce-economique-de-lautomne-de-2022.html>
- Mishra, Somya, et Rajesh Kumar Upadhyay. 2021. « Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters. » *Materials Science for Energy Technologies* 4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299121000367>
- Mohr, Alison, et Sujatha Raman. « Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. » *Energy Policy* 63 (décembre). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4048104/>
- OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). *Country Note, Education at a Glance 2014 : Canada*. <https://www.oecd.org/education/Canada-EAG2014-Country-Note.pdf>
- OERA (Nova Scotia Offshore Energy Research Association). 2020. *A Feasibility Study of Hydrogen Production, Storage, Distribution, and Use in the Maritimes*. Octobre. <https://oera.ca/sites/default/files/2020-11/A%20Feasibility%20Study%20of%20Hydrogen%20Production%20Storage%20Distribution%20and%20Use%20in%20the%20Maritimes.pdf>
- Oni, A.R., K. Anaya, T. Giwa, G. Di Lullo et A. Kumar. 2022. « Comparative assessment of blue hydrogen from steam methane reforming, autothermal reforming, and atural gas decomposition technologies for natural gas-producing regions. » *Energy Conversion and Management* 254 (février). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890422000413>
- Parkes, Rachel. 2022. « "Liquefied hydrogen will have no role anywhere in energy and transport": Liebreich. » *Hydrogeninsight*. 29 novembre. <https://www.hydrogeninsight.com/transport/liquefied-hydrogen-will-have-no-role-anywhere-in-energy-and-transport-liebreich/2-1-1362458>
- Podlasly, Mark. 2022. « What happens if Indigenous people say no to mining the minerals needed to run EVs? » *Corporate Knights*. 1^{er} février. <https://www.corporateknights.com/climat-and-carbon/ev-battery-mining-indigenous/>
- Powell, Naomi, et Ben Richardson. 2022. *Powering Up: Preparing Canada's skilled trades for a post-pandemic economy*. Banque Royale du Canada. <https://thoughtleadership.rbc.com/powering-up-preparing-canadas-skilled-trades-for-a-post-pandemic-economy/>
- Régie de l'énergie du Canada. 2022a. *Profils énergétiques des provinces et territoires – Canada*. 28 juillet. <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-canada.html>

- Régie de l'énergie du Canada. 2022b. *Profils énergétiques des provinces et territoires – Nouvelle-Écosse*. 28 juillet. <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-nouvelle-ecosse.html>
- Régie de l'énergie du Canada. 2022c. *Profils énergétiques des provinces et territoires – Nouvelle-Écosse*. 28 juillet. <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires-nouveau-brunswick.html>
- Ressources naturelles Canada. 2020. *L'hydrogène : Saisir les possibilités pour l'hydrogène, Appel à l'action*. Décembre. https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/environment/hydrogen/NRCan_Hydrogen%20Strategy%20for%20Canada_Final%20MINO%20edits%20Dec%2016%20French_clean_lowaccessible.pdf
- Ressources naturelles Canada. 2022a. *Combustibles propres – alimenter l'avenir*. 15 juin. <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/sources-denergie-reseau-distribution/combustibles-propres-alimenter-lavenir/23737>
- Ressources naturelles Canada. 2022b. *Le Canada et l'Allemagne signent un accord pour renforcer la sécurité énergétique de l'Allemagne au moyen d'hydrogène propre du Canada*. 23 août. <https://www.canada.ca/fr/ressources-naturelles-canada/nouvelles/2022/08/le-canada-et-lallemagne-signent-un-accord-pour-renforcer-la-securite-energetique-de-lallemagne-au-moyen-dhydrogene-propre-du-canada.html>
- Ressources naturelles Canada. 2022c. *Fonds pour les combustibles propres*. 25 août. <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/lavenir-vert-canada/fonds-pour-les-combustibles-propres/23738>
- Riva, Mylene, Sophie Kingunza Makasi, Philippe Dufresne, Kimberley O'Sullivan et Megan Toth. 2021. « Energy poverty in Canada: Prevalence, social and spatial distribution, and implications for research and policy. » *Energy Research & Social Science* 81 (novembre). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629621003303?via%3Dihub>
- Ross, Ian. 2022. « Indigenous Leaders: The successes and pitfalls of industry partnerships. » *Northern Ontario Business*. 6 avril. <https://www.northernontariobusiness.com/indigenous-leaders/indigenous-leaders-the-successes-and-pitfalls-of-industry-partnerships-5225059>
- Samson, Rachel, Jonathan Arnold, Weseem Ahmed et Dale Beugin. 2021. *Ça passe ou ça casse : Transformer l'économie canadienne pour un futur sobre en carbone*. Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques). <https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/10/ICCC-Ca-passe-ou-ca-casse-French-Final-High-Res.pdf>
- Sawyer, Dave, Seton Stiebert, Renaud Gignac, Alicia Campney et Dale Beugin. 2021. *La tarification du carbone au Canada : principaux constats et recommandations*. Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques). <https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/06/State-of-carbon-pricing-report-French-FINAL.pdf>
- Staples, Mark D. 2018. « Life cycle analysis for advanced biofuels. » Présentation à la réunion du groupe de travail 39 sur la bioénergie de l'AIE, Beijing. https://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2018/04/Mark-STAPLES_IEA_T39_04-08-2018.pdf
- Statistique Canada. 2022. « Tendances relatives à la pénurie de main-d'œuvre au Canada ». 18 novembre. <https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets-debut/travail/tendances-penurie-main-oeuvre-canada>
- Tenenbaum, David J. 2008. « Food vs. Fuel: Diversion of Crops Could Cause More Hunger. » *Environmental Health Perspectives* 116(6) (juin). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2430252/>
- Tuttle, Robert. 2022. « Indigenous Group Plans \$451 Million Biofuel Refinery in Canada. » *Bloomberg*. novembre 14. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-11-14/indigenous-group-plans-451-million-biofuel-refinery-in-canada#xj4y7vzkg>
- Ugochukwu, Basil. 2019. « Canadian Corporations, Environmental Solutions and the Implementation of UNDRIP. » *Centre pour l'innovation dans la gouvernance internationale* [blogue]. 4 juillet. <https://www.cigionline.org/articles/canadian-corporations-environmental-solutions-and-implementation-undrip/>
- von der Porten, Suzanne et Mark Podlasly. 2021. *ESG-Indigenous Case Study: Cascade Power Plant Project Alberta, Canada*. FNMPCC [First Nations Major Projects Coalition]. https://14x5f4.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2021/04/FNMPCC_ESG_Case.pdf
- Way, Rupert, Matthew Ives, Penny Mealy et J. Doayne Farmer. 2021. *Empirically grounded technology forecasts and the energy transition*. Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School. https://www.inet.ox.ac.uk/files/energy_transition_paper-INET-working-paper.pdf
- Wright, Brian. 2014. « Global Biofuels: Key to the Puzzle of Grain Market Behavior. » *Journal of Economic Perspectives* 28(1) (Hiver). <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.28.1.73>
- Yin, Ivy. 2023. « China to maintain renewables growth pace in 2023 despite uncertainty. » *S&P Global Commodity Insights*. 1^{er} février. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/020123-china-to-maintain-renewables-growth-pace-in-2023-despite-uncertainty>