



CONSULTATION SUR LA STRATÉGIE QUÉBÉCOISE DE L'HYDROGÈNE VERT ET DES BIOÉNERGIES

MÉMOIRE BONIFÉ D'HYDROGÈNE QUÉBEC

18 janvier 2022

INFORMATIONS DE CONTACT

Marie Lapointe, directrice générale d'Hydrogène Québec, mlapointe@chfca.ca

Michel Archambault, président d'Hydrogène Québec et membre fondateur,
michel.archambault@cummins.com

Le 18 janvier 2022

Monsieur, Madame,

Hydrogène Québec tient tout d'abord à remercier sincèrement le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) pour son intérêt réel à élaborer, pour le futur du Québec et de ses citoyens, la meilleure stratégie d'Hydrogène et de biocarburants qui soit. Le présent mémoire se veut une bonification de l'exercice d'avril 2021, établi grâce à l'avis de nombreux nouveaux membres au sein de notre association, ainsi qu'à la prise en compte de plusieurs projets de promoteurs d'affaires internationaux, nationaux et québécois, provenant des quatre coins du Québec. Nous tenons à remercier tous les consortiums, promoteurs et personnes consultées au cours des derniers mois qui – parfois sous le couvert de la confidentialité - ont rendu possible une projection quantitative, conservatrice et ordonnancée de la demande d'hydrogène ainsi que des équivalents en CO² épargné d'ici 2050.

Nous demeurons disponibles pour toute question,

Marie Lapointe

Directrice générale

Hydrogène Québec

TABLE DES MATIÈRES

INFORMATIONS DE CONTACT	2
TABLE DES MATIÈRES	4
À PROPOS D'HYDROGÈNE QUÉBEC ET SES PRIORITÉS	5
CONTEXTE	7
Demande mondiale et positionnement du Québec.....	7
POSITIONS D'HYDROGÈNE QUÉBEC ET DE SES MEMBRES	9
La vision de la stratégie.....	9
Principes directeurs de la stratégie	10
Axes d'interventions de la stratégie.....	12
Axe 1 – DÉCARBONER EN ÉTANT EN COMPÉTITIVITÉ	12
Axe 2 – InnovER EN UTILISANT LES ATOUTS DU QUÉBEC.....	13
Axe 3 – rayonner à l'international et attirer des investissements.....	14
Axe 4 - DÉVELOPPER DE PAIR AVEC LES COLLECTIVITÉS LOCALES....	14
RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	16
Profil de risques par secteur	20
ANNEXES.....	23

À PROPOS D'HYDROGÈNE QUÉBEC ET SES PRIORITÉS

Créée en janvier 2020, Hydrogène Québec regroupait, à la fin du mois de décembre 2021, 47 membres producteurs et distributeurs d'hydrogène, fournisseurs de solutions, de services et utilisateurs ainsi que les acteurs en recherche / développement / innovation et les acteurs en énergie au Québec. **La mission d'Hydrogène Québec est de soutenir tous les partenaires privés et publics dans le développement de la filière de l'hydrogène au Québec afin de décarboner prioritairement l'économie et éliminer les émissions de GES avec des résultats probants dès 2030.**

Les résultats d'un sondage réalisé en avril 2021 par Hydrogène Québec auprès de l'industrie identifient cinq secteurs d'application prioritaires, soit la production, le transport terrestre, ferroviaire et maritime, la conversion d'activités industrielles, l'incorporation aux réseaux de gaz naturels existants et l'utilisation dans la production de produits chimiques et biocarburants.

Pour permettre le développement de la filière, Hydrogène Québec identifie ses priorités à court terme ainsi :

- Participer à l'élaboration de la stratégie de l'hydrogène au Québec et au Canada;
- Créer des synergies locales, nationales et internationales et attirer des investissements étrangers au Québec;
- Rassembler les joueurs de l'industrie dans la chaîne d'approvisionnement;
- Stimuler des projets et des investissements;
- Promouvoir le savoir-faire des entreprises locales au niveau international.

Quant à nos priorités à moyen terme, elles sont de :

- Sensibiliser la population et les différentes parties prenantes au rôle de l'hydrogène propre dans la transition énergétique ainsi que la sécurité de son utilisation;
- Soutenir le développement de centres de production et de distribution d'hydrogène;
- Réaliser une feuille de route détaillée de tous les acteurs de l'industrie et un inventaire des infrastructures requises par secteurs ou applications;
- Promouvoir le déploiement de projets utilisant l'hydrogène comme vecteur énergétique pour la mobilité, l'industrie, la génération, la distribution et le stockage d'énergie, tout en soutenant la R&D.

Selon un sondage réalisé auprès de plus de soixante-dix acteurs de l'écosystème d'hydrogène et énergie du Québec en avril 2021, les domaines d'application qui

ont été priorisés pour le Québec sont liés à l'Industrie, la chimie, le transport coopératif (routier, ferroviaire et maritime), les carburants de synthèse, les systèmes hybrides et le stockage d'énergies renouvelables ainsi que l'injection d'hydrogène dans le réseau de gaz existant.

(Voir Figure 4 et 5 en Annexe)

CONTEXTE

DEMANDE MONDIALE ET POSITIONNEMENT DU QUÉBEC

L'hydrogène est une forme d'énergie qui sera nécessaire afin de décarboner l'économie d'ici 2050, plus particulièrement pour déplacer graduellement l'utilisation des énergies fossiles telles que le diesel et le pétrole. Au Québec, en 2018, les achats de pétrole s'élevaient toujours à 10 milliards de litres, une quantité qui ne fait que s'accroître au fil des années. Bien que le Québec possède un excédent au niveau électrique, son déficit énergétique demeure néanmoins important.

La demande en hydrogène doublera tous les dix ans d'ici 2050 pour atteindre 550 Mtpa¹ à 600 Mtpa² dans le monde (soit en moyenne 25000 TWh²) et 20 Mtpa au Canada³. Cette forme d'énergie est donc appelée à représenter près de 30% du portfolio de l'offre au Canada, soit une proportion similaire à celle de l'électricité.

Le Québec possède actuellement un avantage concurrentiel important pour la production d'hydrogène vert, sans émission de carbone, grâce aux énergies renouvelables. L'hydrogène vert, pensons entre autres à celui d'Air Liquide de Bécancour, représente 99% du portfolio d'hydrogène québécois et est appelé à représenter la majorité de la demande mondiale d'ici 2050. Le Québec est donc d'ores et déjà, l'un des rares endroits au monde offrant une garantie d'hydrogène vert, avec la Norvège, la Suède, le Danemark, l'Espagne et le Chili. Il n'est pas étonnant que les États-Unis - notamment la Nouvelle-Angleterre – et certains pays d'Europe comme l'Allemagne⁴, la France⁵ et le Royaume-Unis⁶, qui investiront respectivement 10 milliards d'Euros, 9 milliards d'Euros et 4 milliards de livres d'ici 2030 en hydrogène, se tournent avec envie vers le Québec pour explorer des imports d'hydrogène sous forme d'ammoniac, le temps de se doter de leur propre énergie renouvelable rentable d'ici 2030-2035. De même, la Nouvelle-Angleterre construit présentement, par exemple, des unités significatives d'éoliennes

¹ The Economist (2021, 25 août) Hydrogen: the fuel of the future? <https://www.economist.com/films/2021/08/25/hydrogen-the-fuel-of-the-future>

² *Ibid*

³ Agora Energiewende (2021) 12 Insights on Hydrogen. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_11_H2_Insights/A-EW_245_H2_Insights_WEB.pdf

⁴ Reuters (2021, 28 mai) Germany to invest around \$10 bln in hydrogen projects. <https://www.reuters.com/world/europe/germany-invest-around-10-bln-hydrogen-projects-2021-05-28/>

⁵ Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, Gouvernement de la France (2020, 9 septembre) Présentation de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France. <https://www.economie.gouv.fr/presentation-strategie-nationale-developpement-hydrogene-decarbone-france>

⁶ Department for Business, Energy & Industrial Strategy, UK Government (2021, 17 août) UK hydrogen strategy. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy>

offshores avec les plans d'infrastructures nationales et des capacités d'hydrogène, mais la demande continuera à être très forte d'ici 2030.

Pour éliminer 79 Mtonnes de CO₂ d'ici 2050 et atteindre l'autonomie énergétique, nos membres estiment qu'il faudra l'équivalent de 30000 MW de capacité additionnelle au Québec. Même en considérant le programme d'efficacité énergétique, le défi d'ajouter graduellement des énergies renouvelables à compter de maintenant (éolien, solaire et hydraulique) représente un défi de taille, dont la planification stratégique doit débuter incessamment. En effet, la grande majorité des entreprises minières et pétrochimiques se sont engagées, au cours des trois dernières années, au nom du développement durable, non seulement à atteindre la carboneutralité d'ici 2050, mais à avoir parcouru 35 à 40% du chemin d'ici 2030 et 2035. La différence majeure de ce plan d'autonomie énergétique est que, cette fois, nous proposons qu'il soit élaboré de concert avec les collectivités régionales et autochtones afin de tirer parti des forces et particularités de chacune des régions.

Au Québec, le déploiement d'hydrogène a le grand avantage de garantir l'offre d'hydrogène vert à plus grande échelle. Cette étape, de concert avec les améliorations technologiques, est cruciale pour améliorer la compétitivité de l'hydrogène vert⁷ bas carbone face à l'hydrogène gris haut carbone, le pétrole et le diesel d'ici 2030, et amorcer son adoption dans le transport (communautaire, lourd, ferroviaire et maritime). Il en va de même pour la transition des industries (graduellement le minerai de fer, les aciéries, les entreprises minières et pétrochimiques, les raffineries, les cimenteries, etc.), la chimie (l'éthanol, le méthanol, le syngas et l'ammoniac verts) représentant 3 % des émissions à effets de serre mondiaux, des biocarburants et carburants de synthèse en aviation (cible de 10% d'ici 2030) ainsi que l'injection d'hydrogène dans le système gazier (afin d'atteindre la norme de 10 % de biocarburant).

Grâce à sa vision renouvelée et à ses avantages stratégiques uniques, et pourtant méconnus, le Québec pourrait devenir un catalyseur mondial d'hydrogène vert et créer une nouvelle filière industrielle de plus de 5300 MW d'ici 2030 nécessitant un investissement de 3,2 à 3,5 milliards de dollars canadiens et générant la création de plusieurs centaines d'emplois pérennes et la réduction de près de 3 Mtonnes de CO₂ d'ici 2030 et jusqu'à 13.7Mtonnes d'ici 2050.

⁷ IEA 2021.

POSITIONS D'HYDROGÈNE QUÉBEC ET DE SES MEMBRES

LA VISION DE LA STRATÉGIE

Considérant :

- Le positionnement unique du Québec en Amérique et sa proximité avec les marchés afin de bâtir une nouvelle filière industrielle en Amérique
- Son portfolio à 99 % d'énergies renouvelables
- Son expertise en production et distribution depuis 40 ans
- Son potentiel d'exploitation des matériaux stratégiques
- Ses compétences en intelligence artificielle

Hydrogène Québec est d'avis que la vision de la nouvelle stratégie sur l'hydrogène et les bioénergies devrait miser sur le rôle potentiel de leader mondial du Québec et la création de valeur pour l'économie québécoise.

Actuellement proposée	Révision proposée par Hydrogène Québec
Fort de ses ressources naturelles et du dynamisme des acteurs du domaine des énergies renouvelables, le Québec entend innover, faire rayonner son expertise et renforcer le rôle de l'hydrogène vert et des bioénergies dans son portefeuille énergétique en vue de décarboner son économie et de se positionner avantageusement sur la scène internationale.	Faire rayonner l'expertise du Québec en assumant, de façon proactive, un leadership mondial en production, distribution et exportation d'hydrogène vert , en accentuant également le rôle des bioénergies et en misant sur un portefeuille énergétique unique d'énergies renouvelables afin de décarboner son économie d'ici 2050 tout en créant de la valeur pour le Québec grâce à l'attraction d'investissements provinciaux, nationaux et internationaux.

PRINCIPES DIRECTEURS DE LA STRATÉGIE

L'hydrogène, une fois considéré en complémentarité avec l'électrification directe de l'économie là où c'est possible, et avec un maximum d'efficacité énergétique contribuera à :

1. l'autonomie énergétique du Québec, et à très long terme;
2. la collaboration et la participation des communautés régionales, locales et autochtones au déploiement des filières;
3. la maximisation des retombées socioéconomiques de ces filières au Québec et un rayonnement à l'échelle internationale;
4. l'inscription des principes d'économie circulaire et l'analyse du cycle de vie au cœur des projets.

Conséquemment, voici nos suggestions en ce qui a trait aux principes directeurs qui guideront l'élaboration et le déploiement de la stratégie:

Les cinq principes directeurs présentés par le MERN	Révision proposée par Hydrogène Québec
<p>Agir en complémentarité de l'efficacité énergétique et de l'électrification directe de l'économie en utilisant l'hydrogène vert et les bioénergies, selon les secteurs, de façon à contribuer à l'atteinte de la cible de réduction des émissions de GES pour 2030 et de la carboneutralité en 2050.</p>	<p>Agir en complémentarité avec l'électrification directe de l'économie, le programme d'efficacité énergétique et l'occasion de croissance du portfolio d'énergies renouvelables d'ici 2050 (d'environ 30 000 MW pour décarboner 80 MT d'émissions de CO²).</p>
<p>Contribuer à l'autonomie énergétique du Québec en substituant les énergies renouvelables produites au sein de la province aux énergies fossiles importées.</p>	<p>Contribuer à l'autonomie énergétique du Québec en misant et en utilisant comme levier</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) l'expertise en savoir en hydrogène développée depuis 40 ans pour créer un centre de savoir d'hydrogène vert au Québec et des centres d'innovation; 2) le potentiel d'exploitation des matériaux stratégiques du Québec; et 3) le savoir numérique et l'intelligence artificielle au Québec.

<p>Favoriser la collaboration et la participation des communautés régionales, locales et autochtones au déploiement des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies en respectant les meilleures pratiques en matière de développement durable et d'acceptabilité sociale.</p>	<p>Inciter la participation et l'acceptabilité sociale des communautés régionales, locales et autochtones au déploiement des filières, notamment en diffusant les impacts de l'hydrogène, en soutenant des hubs régionaux de production et de distribution d'hydrogène et bioénergie et en créant des zones d'innovation en hydrogène, selon les particularités et les avantages régionaux.</p>
<p>Maximiser les retombées socioéconomiques de ces filières au Québec et rayonner à l'échelle internationale en misant sur l'exportation du savoir-faire québécois.</p>	<p>Maximiser les retombées socio-économiques de ces filières au Québec, rayonner à l'échelle internationale et attirer des investissements et des talents internationaux.</p>
<p>Inscrire les principes de l'économie circulaire et l'analyse du cycle de vie au cœur des projets d'hydrogène vert et de bioénergies dans le but d'assurer une valorisation optimale et durable des ressources naturelles et des matières résiduelles.</p>	<p>Inscrire les principes de développement durable d'économie.</p>

AXES D'INTERVENTIONS DE LA STRATÉGIE

Et afin de refléter pleinement les principes énoncés précédemment, Hydrogène Québec croit que la stratégie devrait se décliner en quatre axes d'intervention :

1. décarboner en étant compétitif
2. Innover en utilisant les atouts du Québec
3. rayonner à l'international et attirer des investissements
4. développer de pair avec les collectivités locales

AXE 1 – DÉCARBONER EN ÉTANT COMPÉTITIF

Dans l'objectif de créer un environnement d'affaires compétitif et des conditions de succès pour une production à grande échelle, nous proposons que l'axe 1 s'articule ainsi :

- Mettre en place des conditions de marché favorables à la compétitivité des énergies renouvelables.

Conditions de succès

Selon IEA Canada 2022, un endroit comme le Québec aurait un profil de risque plus bas pour le financement que les autres régions du Canada en raison de son électricité issue d'énergies renouvelables; également on y prévoit pour le Canada une projection du Prix de Carbone pondéré en fonction du PIB mondial et de la vitesse d'exécution en constante hausse après 2030 (voir figures 13 et 14) .

Objectif 1 - Développer les infrastructures de production et de distribution

- Accorder un incitatif carbone de 170\$/t aux entreprises minières, pétrochimiques, chimiques et d'aviation en compensation pour les CO2 éliminés sous forme de revenus ou de crédits qu'elles pourront appliquer sur les CAPEX ou OPEX dans leurs projets de conversion.
- Établir une filière hydrogène afin de promouvoir l'innovation, déplacer les énergies fossiles avec des fonds dédiés pour l'innovation, l'attraction d'investissements, de ressources et de talents et assurer la promotion et la mobilisation du secteur (voir stratégie de l'aluminium, 32 M\$ pour 2016-2020 et 75 M\$ pour 2021-2024).

Objectif 2 - Augmenter l'utilisation de l'hydrogène vert

- Adopter un crédit carbone de 50\$/t en 2022 et atteindre graduellement 170\$/t en 2030⁸.
- D'ici 2035 : 100% énergies renouvelables.
- D'ici 2030 : donner aux communautés autochtones l'accès à de l'énergie renouvelable.
- D'ici 2035 : 100% des véhicules sont VZE. Nous recommandons une cible VZE d'ici 2035 comme en Californie.
- Poursuivre les efforts d'efficacité énergétique et faire valoir les occasions de stockage d'énergies intermittentes.

AXE 2 – INNOVER EN UTILISANT LES ATOUTS DU QUÉBEC

Appuyer l'innovation, l'expertise et l'acquisition de connaissances pour contribuer à décarboner l'économie.

Conditions de succès

Objectif 3 - Améliorer les connaissances et leurs diffusions

- Des centres – zones d'innovation régionaux – autour des hubs selon les atouts de chaque région.
- Attirer des talents internationaux.
- Encourager les partenariats internationaux de recherche.
- Attirer de l'expertise canadienne, américaine ou européenne en échange d'exports temporaires (par exemple : Cummins, Ballards, PlugPower et Thyssenkrupp).
- Encourager les maîtrises et doctorats avec les entreprises.

Objectif 4 - Développer des solutions et des procédés innovants

- Trouver des substituts pour l'iridium et le Platinium pour les électrolyseurs à grande échelle.
- Intensifier la recherche sur les électrodes.
- Poursuivre la vigie sur l'hydrogène turquoise et le stockage d'hydrogène dans les matériaux.
- Réaliser un projet pilote de traçabilité bas carbone et développer, d'ici 2025, une certification de différenciation commerciale de l'hydrogène vert bas carbone pour tous les secteurs d'ici 2030.
- Attirer des fonds internationaux (Blackstone, Blackrock et Brookfields).

⁸ Radio-Canada (2020, 11 décembre) *Ottawa présente un plan climatique renforcé assorti d'investissements de 15 G\$*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1756378/changements-climatiques-gaz-effet-serre-taxe-carbone-trudeau>

- Développer une filière de fabrication de pièces et assemblage de véhicules électriques lourds, en collaboration avec des concepteurs de classe mondiale.
- Exploiter la synergie avec le positionnement québécois des matériaux stratégiques avec les manufacturiers et les services d'ingénierie en énergie pourra contribuer à réduire plus rapidement le prix des électrolyseurs et piles à combustible.
- Exploiter la présence de la filière d'intelligence artificielle et du numérique permettra l'implantation plus rapide des unités de stockage d'énergie des énergies renouvelables, solaires et éoliennes, en remplacement des groupes électrogènes fossiles, et l'installation de groupes hybrides intégrés.
- Soutenir les petits hubs au même titre que les grands avec des critères de développement économique basés sur les forces de leurs créneaux respectifs.

AXE 3 – RAYONNER À L'INTERNATIONAL ET ATTIRER DES INVESTISSEMENTS

Assurer la promotion du savoir-faire des entreprises québécoises à l'international et stimuler la commercialisation des solutions.

- Faire rayonner les énergies renouvelables du Québec sur les scènes nationale et internationale.

Conditions de succès

Objectif 5 - Accroître l'engagement des acteurs publics et privés en faveur de l'hydrogène vert

- Assurer la promotion du savoir-faire des entreprises québécoises à l'international et stimuler la commercialisation des solutions. Donner des moyens à Hydrogène Québec de pouvoir participer aux activités de promotion avec le MEI, IQ et le MERN.

AXE 4 - DÉVELOPPER DE PAIR AVEC LES COLLECTIVITÉS LOCALES

Favoriser l'acceptabilité sociale de l'hydrogène et des bioénergies par un développement étroit avec les collectivités locales.

Conditions de succès

Objectif 6 - Favoriser l'adhésion des communautés locales et autochtones au développement de la filière.

- Présenter à l'État un projet mobilisateur d'autonomie énergétique en impliquant cette fois-ci les collectivités locales et autochtones qui seront au cœur de l'élaboration du plan de leur région.
- Former des hubs régionaux impliquant les collectivités locales, les autochtones et les parties prenantes afin de dessiner les meilleurs scénarios selon les particularités régionales (ex.: mettre de l'avant l'éolien offshore et l'hydrogène en Gaspésie ou bien, dans le Nord, faire valoir les avantages du stockage d'hydrogène avec les énergies intermittentes afin d'augmenter le facteur d'utilisation).
- Impliquer les membres d'hydrogène Québec dans la veille énergétique du MERN et débiter la planification avec le MERN et toutes les parties prenantes de l'industrie, des communautés, de la technologie et de la stratégie afin de séquencer les projets en fonction des besoins et de la disponibilité de l'offre.

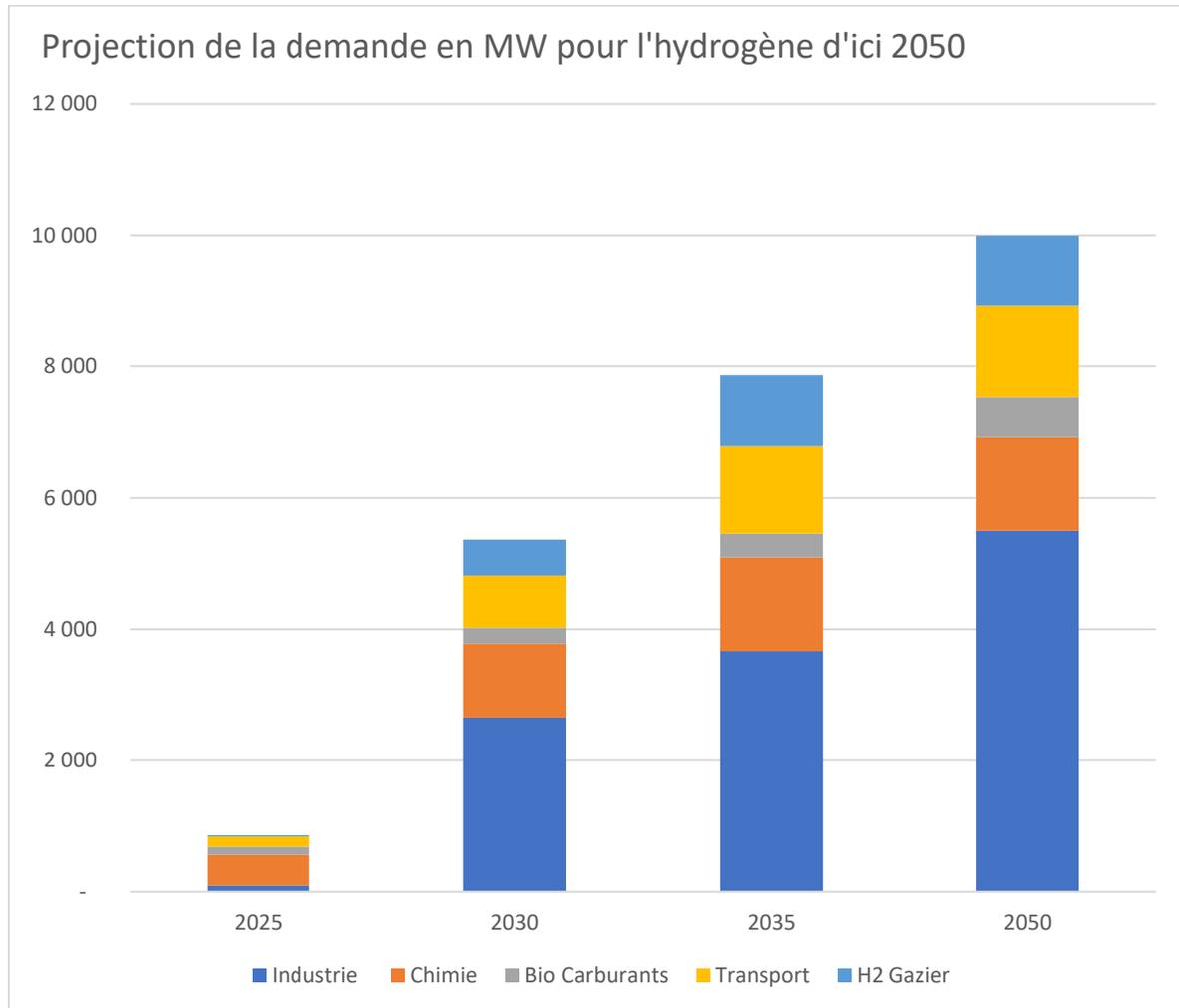
RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

En tant que vecteur énergétique, l'hydrogène contribuera à éliminer progressivement l'utilisation des énergies fossiles et les émissions issues de l'utilisation du mazout, du diesel, du kérosène et du gaz naturel. Il ne se substitue pas à l'électrification primaire. La portion projetée d'utilisation oscille selon les pays entre 12 et 30 %, celle du Québec étant relativement faible en raison du niveau d'électrification.

Comme mentionné en introduction, Hydrogène Québec a consulté ses membres depuis mars 2021 et a tenu des sessions de travail avec des utilisateurs finaux. De cette consultation, il appert que plus de 4 000 MW d'hydrogène vert pourraient être requis d'ici 2030, puis en constante progression jusqu'en 2035. Ces derniers identifient les secteurs les moins risqués comme étant prioritaires, soit le transport collectif léger et lourd routier, ferroviaire et maritime.

Les applications industrielles telles que la décarbonation du minerai de fer, d'une aciérie et d'activités pétrochimiques ont été évaluées. Il en a été de même pour la chimie (projets d'éthanol, de méthane, de syngas et d'ammoniac) et les carburants de synthèse pour l'aviation. Pour l'injection de H₂ dans le système gazier, le pourcentage de 5% a été assumé en 2030. Ces 5367 MW d'électrolyse de l'eau ne pourront être atteints que par des investissements étrangers majeurs d'infrastructures.

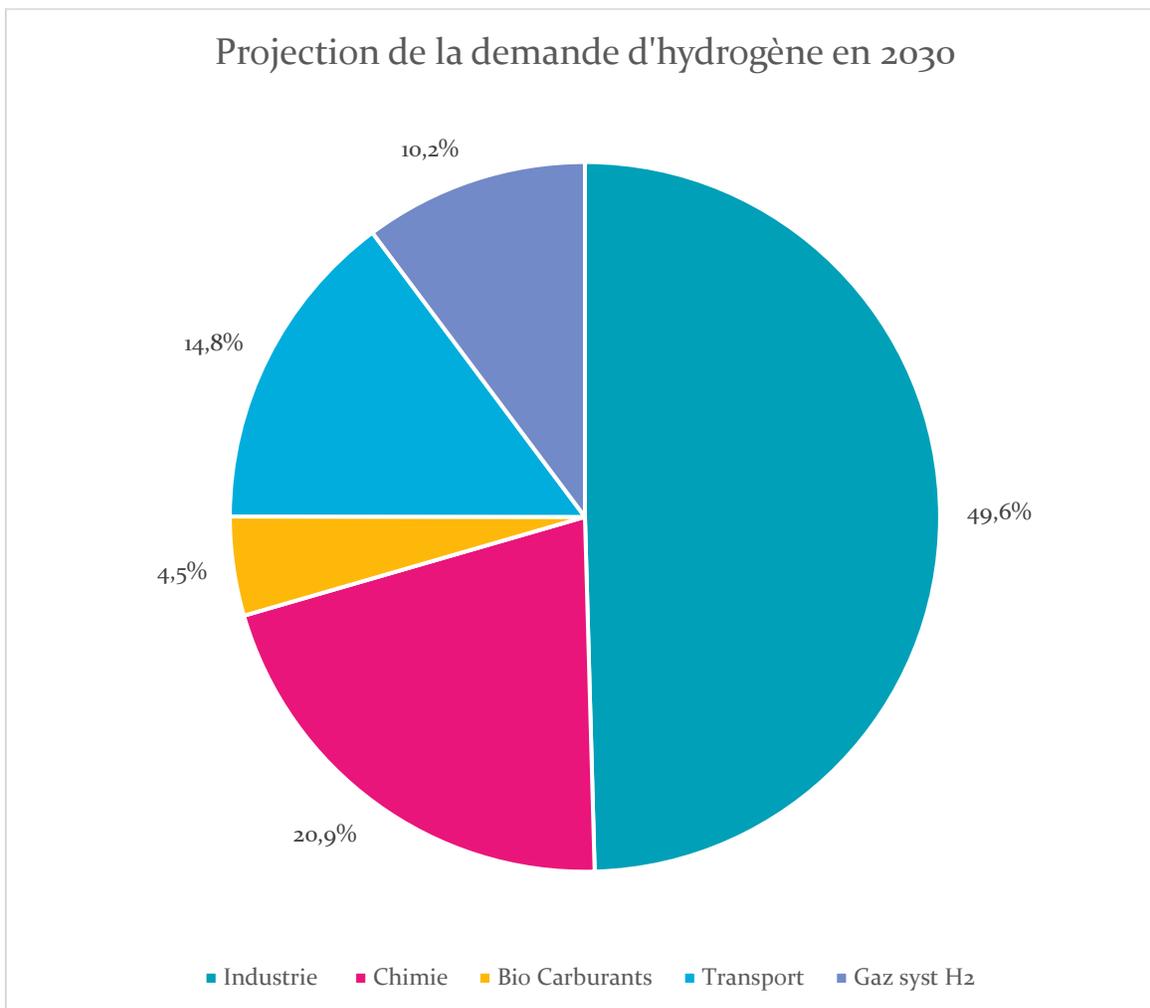
Figure 1. Projection de la demande en MW pour l'hydrogène d'ici 2050



Source : Selon les données recueillies par Hydrogène Québec

Selon nos échanges, la répartition des secteurs serait la suivante, particulièrement si les industries qui ne peuvent pas électrifier leurs activités (ou changer fondamentalement leurs procédés, l'hydrogène s'avérant alors la solution la plus efficace) obtenaient des compensations et des incitatifs pour implanter des solutions éprouvées plus rapidement, à l'aide du soutien du programme fédéral de 1,4 milliard de dollars du gouvernement fédéral notamment, lequel pourra être bonifié, tout comme ceux du Québec.

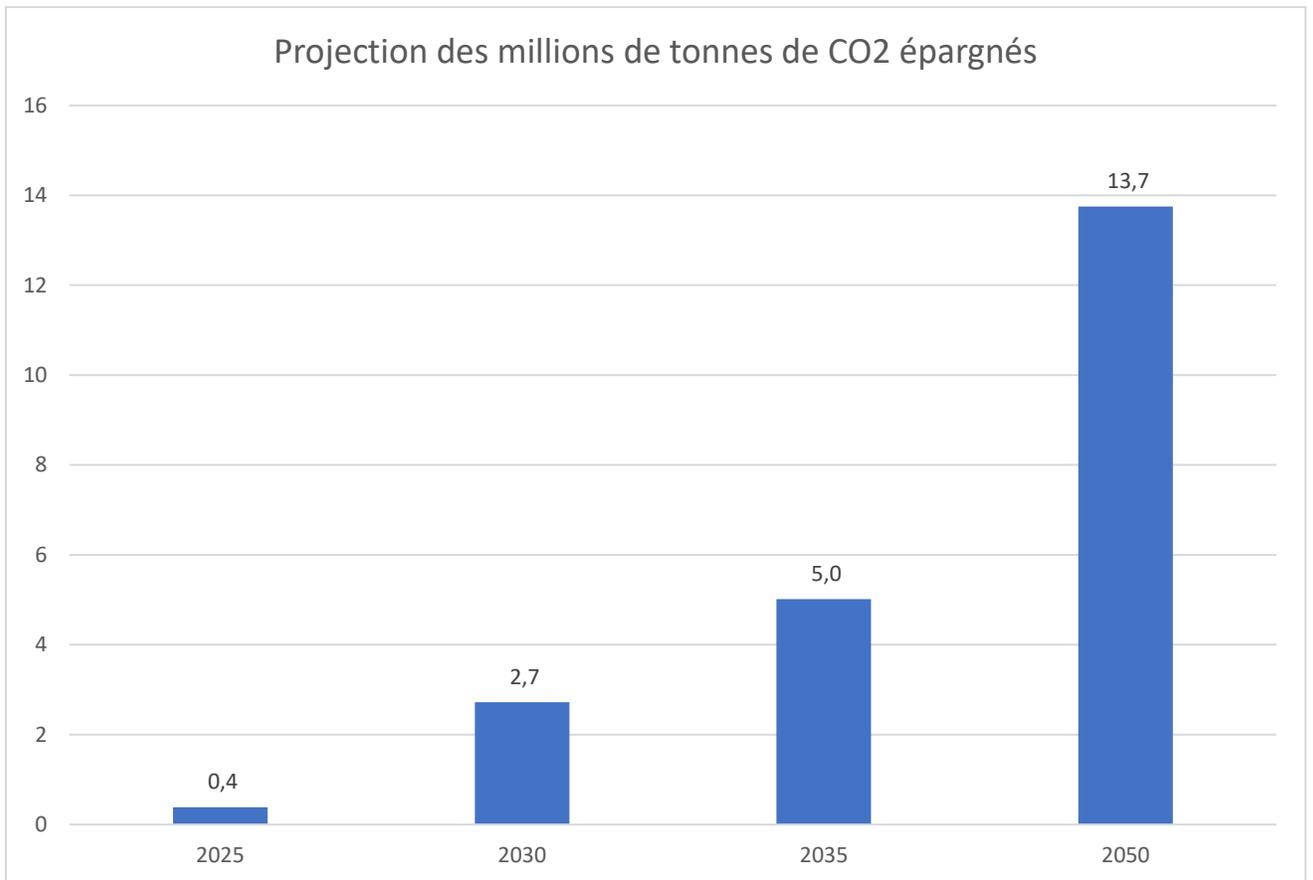
Figure 2. Projection de la demande d'hydrogène d'ici 2030



Source : Selon les données recueillies par Hydrogène Québec

L'estimation des CO₂ épargnés a été réalisée en fonction d'une évaluation des tonnes d'hydrogène générées et de l'élément fossile qu'il élimine (mazout, kérosène, diesel, gaz naturel, essence gazoline, etc.). Afin d'illustrer cela avec un exemple concret, nous avons assumé que le minerai de fer à Sept-Îles éliminerait du diesel alors que le mixte d'énergie utilise encore du mazout, dont le ratio d'émissions est plus élevé. L'hydrogène peut donc contribuer à l'élimination d'environ 3 Mtonnes de CO₂, soit entre 10,5 et 16% des cibles visées entre 2030 et 2050. Ces évaluations, telles que suggérées dans le mémoire d'avril 2021, devraient être par ailleurs revues avec le ministère de l'Environnement et le MERN sur une base itérative et régulière.

Figure 3. Projection des millions de tonnes de CO2 épargnés



Source : Selon les données préliminaires recueillies par Hydrogène Québec

Profil de risques par secteur

Profil de risques	Hypothèses principales	Différentiation
Transport : Bas	<ul style="list-style-type: none"> • Automobiles : 5 000 en 2030 et 50 000 en 2050 (1%). • Camions : 1 000 en 2030, 5 000 en 2035 et 30 000 en 2050. • Traversiers : 5 en 2030, 10 en 2050. • Bateaux : 400 en 2030, 1 200 en 2050. • Locomotion (1 sur la Côte-Nord – dans l'industrie) • Hypothèses de stations : 15 en 2025 30 en 2030 35 en 2035 50 en 2050 • Pas d'hypothèse concernant les camions miniers ni le stockage. 	<p>Capacité de travailler avec les constructeurs de camions lourds et spécialisés : créer un centre de fabrication de pièces (avec INNOVÉE, Propulsion Québec et IVEO). Beaucoup de collaborations canadiennes avec Cummins, Dana, des essais canadiens et des constructeurs américains et européens en cours.</p> <p>Les stations de recharge seront localisées dans les hubs, aux endroits des stations d'essence existantes, offrant un accès collectif et flexible à tous. (voir la Californie qui détient 124 stations et en prévoit 200 d'ici 2025).</p> <p>Les voitures à hydrogène individuelles et communautaires sont appelées à être populaires dans les conditions nordiques (efficacité de 60% versus 40% des batteries en conditions hivernales et 20% pour l'essence avec des fournisseurs internationaux réputés (Toyota, Hyundai, etc.)) et contribueront à l'atteinte du 1.5 M de véhicules électrifiés au Québec d'ici 2035.</p> <p>Maritime : Collaboration avec les ports de Bretagne, Hydrogène France (voir le livre blanc https://www.afhypac.org/documents/Livre%20blanc%20Pr%C3%A9sidentielle%202022-web.pdf) et les cas d'affaires des Pays-Bas-Rotterdam.</p> <p>Ferroviaire : Présence et engagement d'Alstom-Cummins au Québec. Intérêt de ViaRail pour les lignes secondaires. Pourparlers en cours de locomotions avec CP et des propriétaires de trains de marchandises privés.</p>

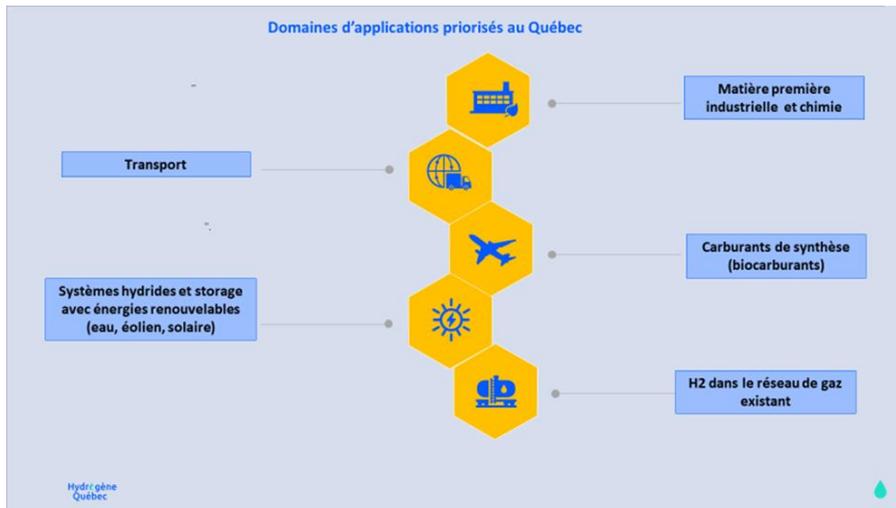
Industrie : Bas	Minerai de fer, 1 aciérie, 1 centre métallurgique, alumineries (centres de coulée et fours à cuisson). Après 2030, raffineries et cimenteries.	Remplacement d'hydrogène gris et gaz naturel. Différentiation commerciale et potentiel d'extension de vie
H2 système gazier: Moyen à élevé	5 % 2025 pour Evolgen 5 % en 2030. 10 % dès 2035 pour le réseau Énergir	Cela dépend de l'état des conduites des différents réseaux québécois et du test Énergie 2021-2022.
Chimie : Moyen	Éthanol, méthanol , 1 centre d'ammoniac en 2025 et 1 autre en 2030. 1 usine de syngas, 5 usines de GNR. Le projet Biomasse La Tuque ainsi que les CO2 éliminés ne sont pas considérés en 2030 (par manque de données).	Potentiel d'exportation du savoir-faire. Pour l'ammoniac, des ententes internationales et temporaires sont à conclure en échange d'infrastructures pour 2035 et de savoir-faire. Potentielle situation gagnante de part et d'autre à élaborer. Autrement les ententes d'export pourraient être conclues au profit des autres provinces du Canada. Référence pour les coûts d'ammoniac : https://www.sciencedirect.com/referencework/9780128149256/comprehensive-energy-systems#book-description
Carburant de synthèse : Moyen	Une usine en 2025 et une autre en 2030.	Démonstration pro forma à compléter, marché potentiel de 10 usines au Canada et de 20 en Amérique.

Enfin, en ce qui concerne la capacité manufacturière mondiale de fabrication des électrolyseurs, elle est en croissance exponentielle au cours des dernières années (voir la figure 11) et expérimente même une crise temporaire de croissance. Les coûts de capex et d'opex sont, par le fait même, appelés à diminuer significativement (voir la figure 8 et l'article de l'Economist <https://pemedianetwork.com/hydrogen-economist/articles/green-hydrogen/2021/bigger-electrolysis-cells-cut-green-hydrogen-costs-by-15pc>) selon

les applications (<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/hydrogen-production-cost>). Se doter de capacité de fabrication d'électrolyseurs et piles à combustible au Québec dans un hub ou une zone afin d'en approvisionner les autres et de la destiner partiellement à l'exportation en attirant un fabricant international est évidemment une pierre angulaire de cette stratégie.

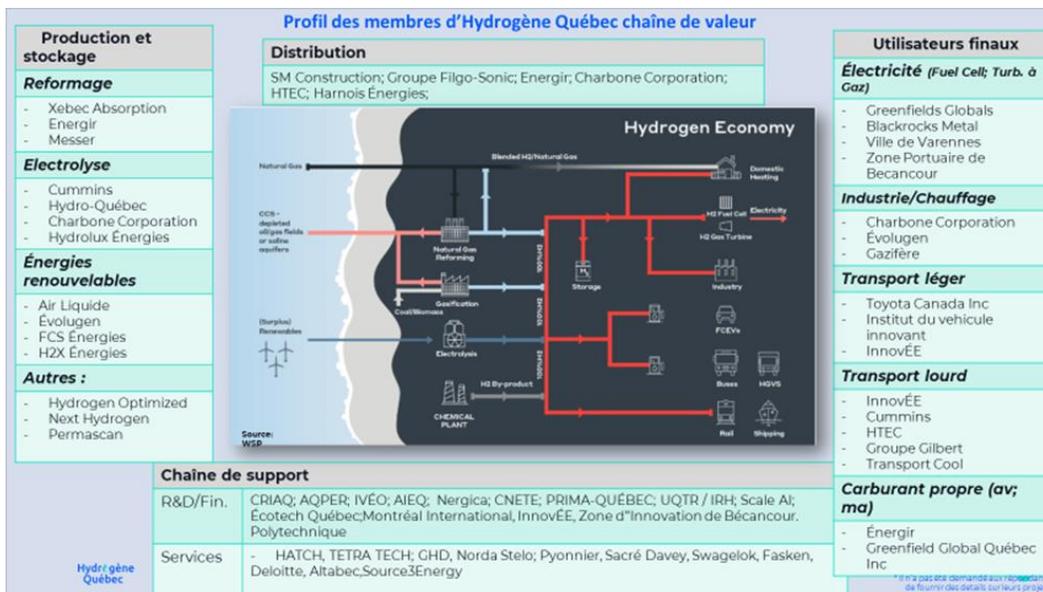
ANNEXES

Figure 4. Domaines d'applications priorités par les répondants à un sondage d'Hydrogène Québec mené en avril 2021



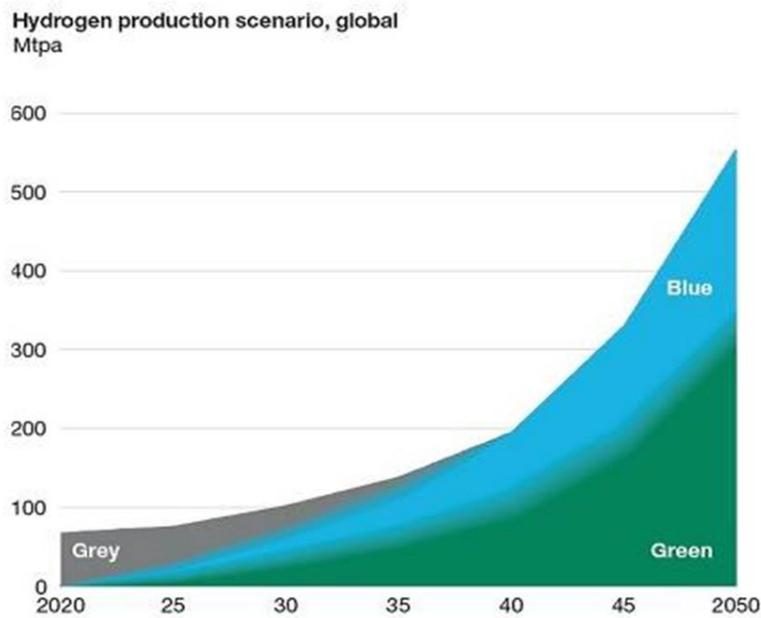
Source : Sondage d'Hydrogène Québec mené en avril 2021

Figure 5. Profil des membres d'Hydrogène Québec



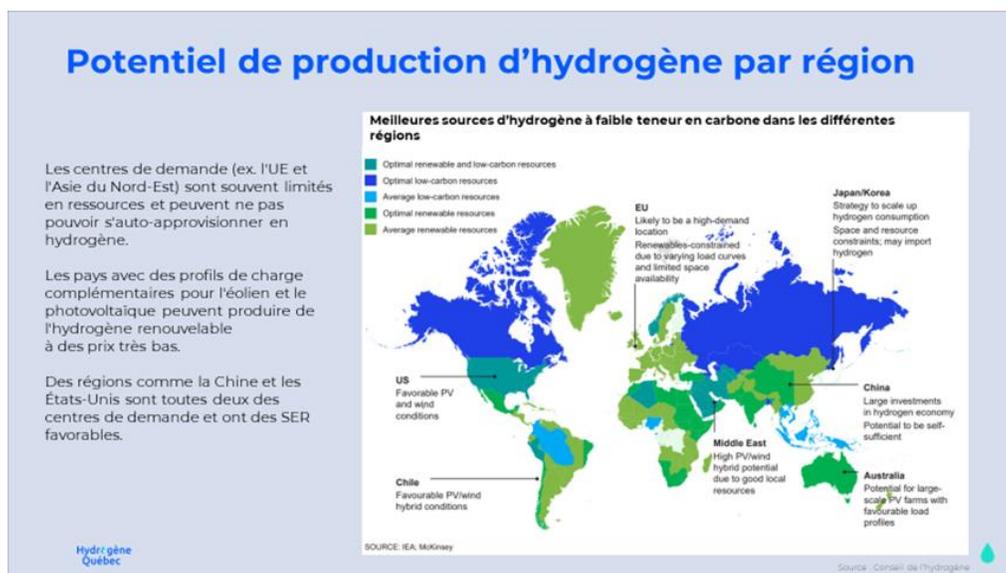
Source : Hydrogène Québec

Figure 6. Scénarios de production mondiale d'hydrogène



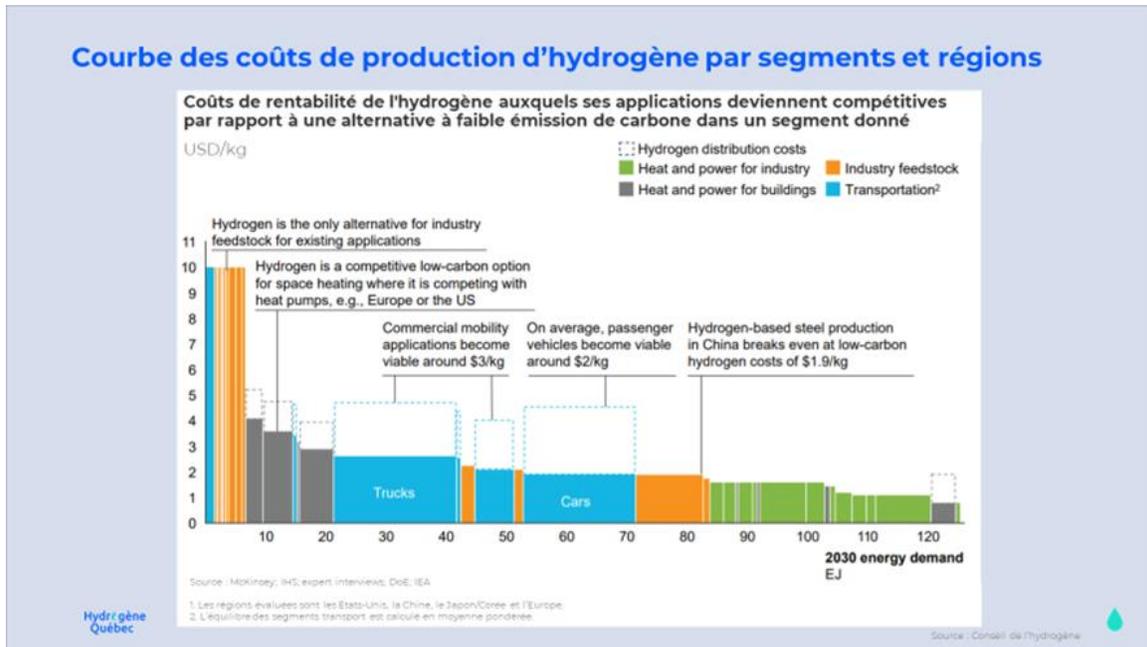
Source : Hydrogen Council 2020

Figure 7. Potentiel de production d'hydrogène par région



Source : IEA; McKinsey (repris par Hydrogen Council 2021)

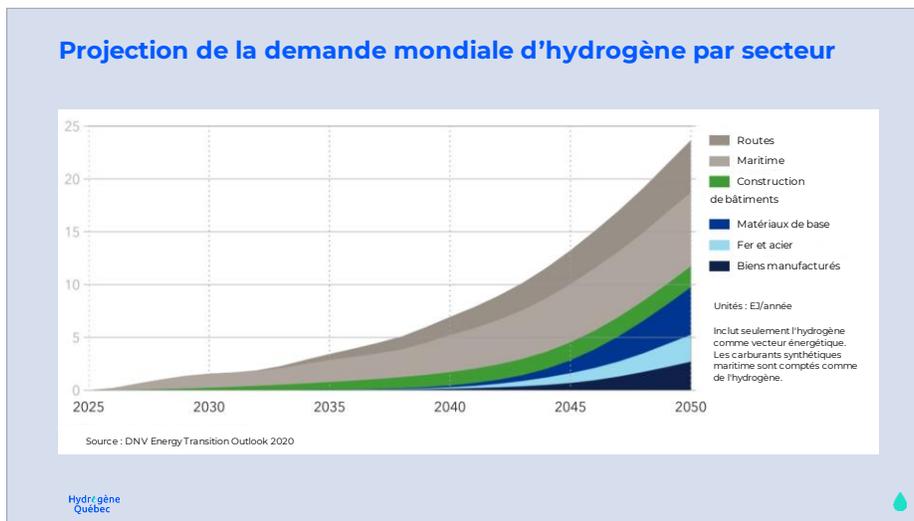
Figure 8. Courbe des coûts de production d'hydrogène par segments et régions



Source : McKinsey; IHS; expert interviews; DoE; IEA

1. Les régions évaluées sont les États-Unis, la Chine, le Japon / Corée et l'Europe.
2. L'équilibre des segments relatifs au transport est calculé en moyenne pondérée.

Figure 9. Demande globale d'hydrogène par secteur



Source : DNV Energy Transition Outlook 2020 (cela exclut l'hydrogène comme matière première pour la chimie)

Figure 10. Un réseau pour soutenir les cibles de véhicules zéro émission

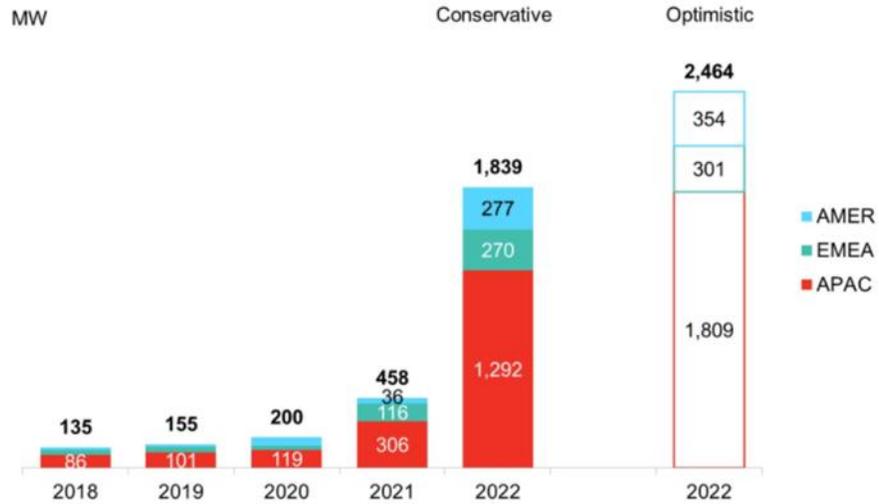
Model year	Class 2b-3	Class 4-8	Class 7-8 Tractor
2024	5%	9%	5%
2025	7%	11%	7%
2026	10%	13%	10%
2027	15%	20%	15%
2028	20%	30%	20%
2029	25%	40%	25%
2030	30%	50%	30%
2031	35%	55%	35%
2032	40%	60%	40%
2033	45%	65%	40%
2034	50%	70%	40%
2035	55%	75%	40%

Source : Advanced Clean Truck Rule, California

Figure 11. Projection du nombre d'électrolyseurs livrés par marché géographique 2018-2022

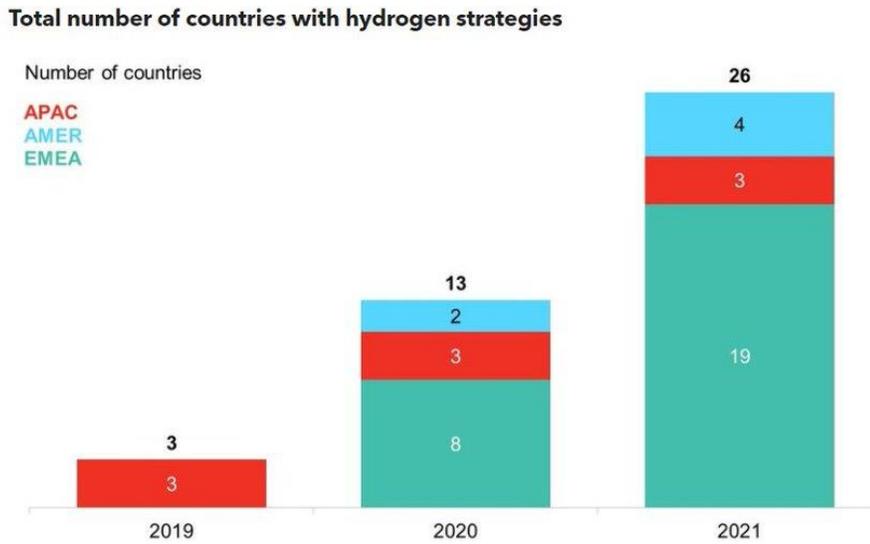


Estimate and forecast of annual electrolyzer shipment by market, 2018-22



Source: BloombergNEF

Figures 12 : Nombre de pays s'étant dotés d'une stratégie Hydrogène au fil des ans



Source: BloombergNEF

Figure

Figure 13 : Canada 2022 Projection du Prix de Carbone pondéré en fonction du PIB mondial et de la vitesse d'exécution

Graphique 3 : Prix théorique du carbone pondéré en fonction du PIB mondial

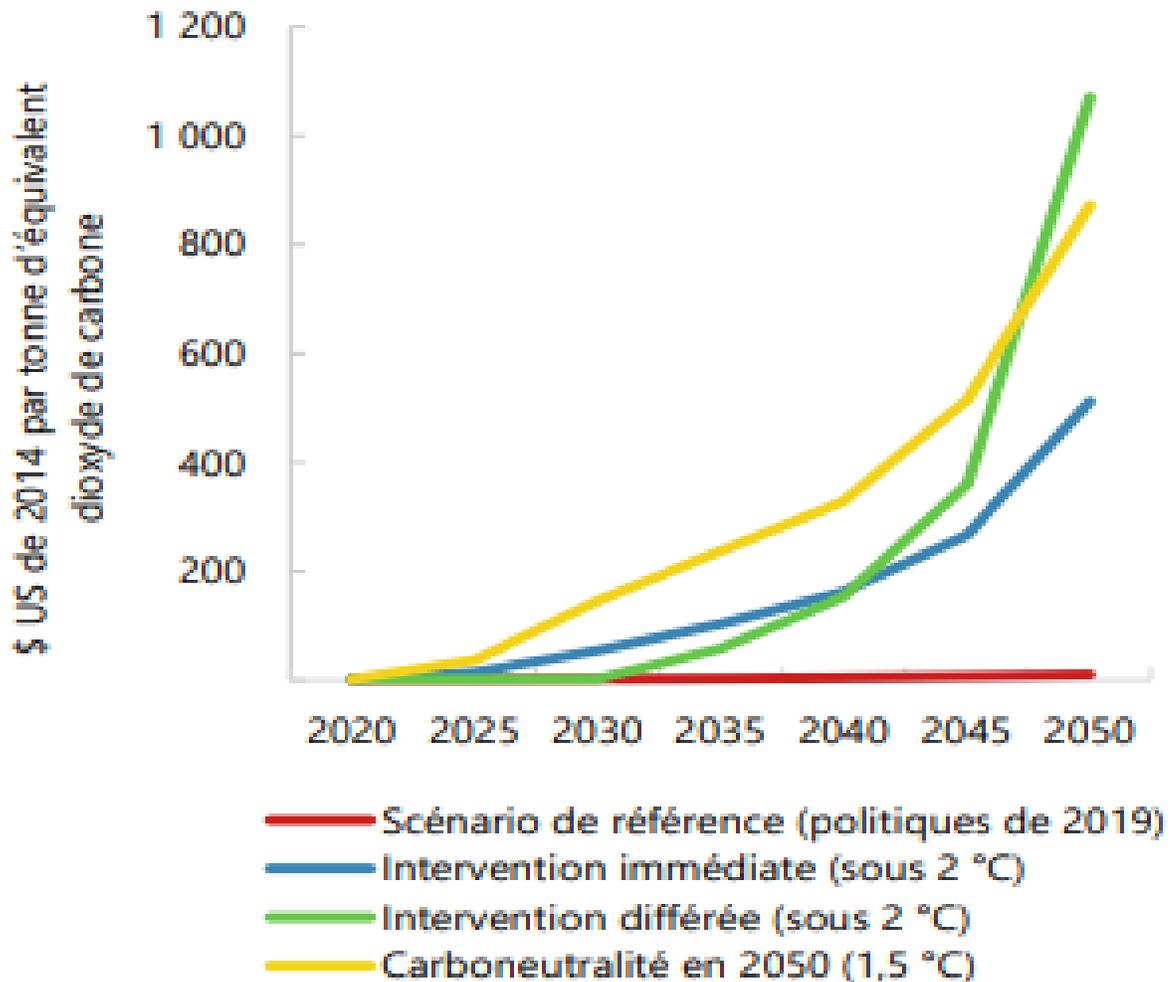


Figure 14 : Canada 2022 Profil de risque selon le secteur

Graphique 18 : Variation de la probabilité de défaut au Canada d'ici 2050 dans le scénario d'intervention immédiate (sous 2 °C)

