

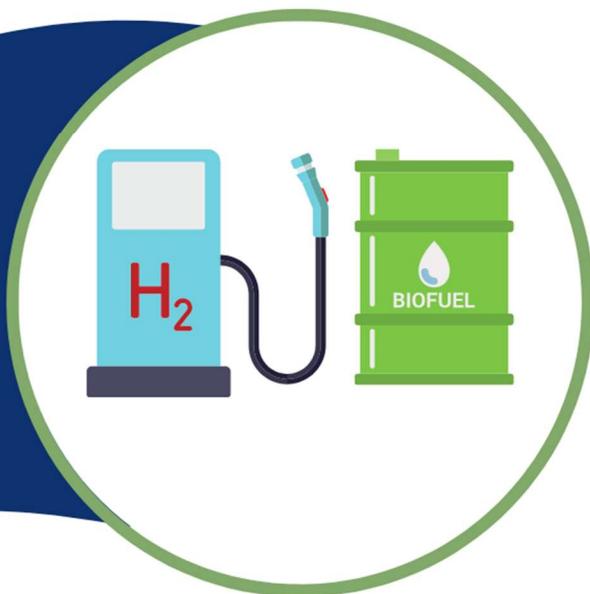
MÉMOIRE DÉPOSÉ DANS LE CADRE DE LA CONSULTATION DU MERN SUR L'HYDROGÈNE VERT ET LES BIOÉNERGIES

DÉPOSÉ PAR :

L'ESCOUADE ÉNERGIE
RÉSEAU DES CCTT EN TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

ET

LE CITEQ
CATALYSEUR D'INNOVATION POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE AU QUÉBEC



Mémoire soumis à : Monsieur Mathieu Payeur
Directeur du Bureau du développement de l'hydrogène vert et des bioénergies
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

Janvier 2022

TABLE DES MATIÈRES

Crédits	4
À propos de l'Escouade Énergie et du CITEQ	5
Abréviations	8
Sommaire exécutif	9
Introduction	11
Hydrogène vert, bioénergies et objectifs de carboneutralité	12
a. Arrimage du plan d'approvisionnement d'Hydro Québec avec la stratégie	12
b. L'importance de l'ammoniac	13
c. L'utilisation saisonnière de l'hydrogène vert	14
d. Biocarburants, bioraffinage et environnement	15
e. L'urgence d'agir !	16
Vision et principes directeurs	17
a. La ressource	17
b. La recherche et l'innovation	17
c. L'économie du savoir	17
d. Rayonner à l'international	17
Réponses de l'Escouade Énergie et du CITEQ aux questions soulevées lors de la consultation	18
• Quels devraient être selon vous les résultats clés de la stratégie ?	18
• Quelle pourrait être selon vous la contribution des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies à la cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre du Québec pour 2030 ?	18
• Quelle pourrait être selon vous la contribution des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies à l'objectif de carboneutralité à l'horizon 2050 ?	19
• Quel rôle l'hydrogène vert et les bioénergies pourraient-ils jouer dans les diverses régions et les divers secteurs économiques ?	19
• Quels seraient les besoins, par exemple en formation de la main-d'œuvre, pour stimuler l'économie partout au Québec ?	20
• Que pensez-vous des occasions d'affaires que l'hydrogène vert et les bioénergies pourraient apporter dans la promotion du Québec à l'international ?	21
• Où et quand cela convient-il d'utiliser l'hydrogène vert et les bioénergies ?	21

•	En ce qui concerne l'hydrogène vert, à quels stades potentiels de la chaîne de valeur (production, stockage et distribution ainsi qu'utilisation finale) le Québec est-il le mieux placé pour devenir le chef de file de leur développement ?	22
•	Quelles utilisations offrent le meilleur potentiel de réduction des coûts ?	22
•	Comment pouvez-vous contribuer à la mise en œuvre de la stratégie ?	22
•	Que manque-t-il à votre avis pour concrétiser des projets ?	23
	Axes, objectifs et recommandations	25
a.	Axe 1 - Objectif 1 (Développer les infrastructures de production et de distribution)	25
b.	Axe 1 - Objectif 2 (Augmenter l'utilisation de l'hydrogène vert et des bioénergies)	25
c.	Axe 2 - Objectif 3 (Améliorer les connaissances et leur diffusion)	26
d.	Axe 2 - Objectif 4 (Développer des solutions et des procédés innovants)	28
e.	Axe 3 - Objectif 5 (Accroître l'engagement des acteurs publics et privés en faveur du développement des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies)	29
f.	Axe 3 - Objectif 6 (Favoriser l'adhésion des communautés locales et autochtones au développement des filières)	30
	Glossaire	31

Crédits

Auteurs : Yanick Paquet, Analyste recherche & innovation, Nergica
Karim Belmokhtar, Chargé de projet principal, Nergica
Jeanne Charbonneau, Directrice générale, Escouade Énergie

Révision : Alexandra Gellé, Agente de mobilisation des connaissances, Nergica

Remerciements : David Berthiaume, Directeur général, Kemitek
Nergica

À propos de l'Escouade Énergie et du CITEQ

- a. **Escouade Énergie** : Il s'agit d'un regroupement de centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) qui fût créé en 2018 dans le but de proposer une offre de service commune en matière d'énergie. L'Escouade Énergie (EÉ), qui compte à son actif pour environ 160 M\$ d'équipements de recherche, a déjà réalisé plus de 1000 projets en transition énergétique et énergies renouvelables. Les défis de la transition énergétique requièrent de plus en plus le déploiement d'expertises diverses devant être réunies pour la réalisation de projets complexes. En ce sens, l'EÉ vise à mettre en œuvre des projets dont l'envergure est telle qu'un CCTT seul ne pourrait y répondre. Présentement l'EÉ regroupe 16 CCTT membres et compte plus de 70 experts dans tous les domaines de la transition énergétique. L'EÉ inclut les CCTT et expertises suivantes :

NOM	DOMAINES D'INTERVENTION
CEPROCQ	Procédés chimiques
CERSÉ	Responsabilité sociale des entreprises, entrepreneuriat social, gouvernance participative et processus collaboratifs, initiatives de transition
CIMEQ	Microélectronique
CIRADD	Innovation sociale spécialisée en développement durable
CNETE	Électrochimie et technologies environnementales
CPA	Automatisation
CTTEI	Transfert technologique en écologie industrielle
Innofibre	Bioraffinage et produits cellulosiques
Innovation maritime	Génie maritime
InnovLOG	Logistique
ITMI	Maintenance industrielle et transport ferroviaire
IVI	Traction électrique et hybride, intelligence véhiculaire, efficacité énergétique
JACOB	Intelligence artificielle
Nergica	Énergies renouvelables
Kemitek	Chimie verte, chimie renouvelable et mise à l'échelle de procédés
SEREX	Transformation des produits forestiers et biomasse forestière

Mission de l'Escouade Énergie

Catalyser les ressources et l'expertise multidisciplinaire de ses membres afin d'offrir des solutions intégrées et novatrices pour répondre aux besoins complexes des organisations, et ainsi contribuer à la transition énergétique au Québec.

Les objectifs de l'Escouade Énergie CCTT

- Jouer un rôle actif pour permettre au Québec d'atteindre ses cibles de diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'opérer la transition vers une économie plus sobre en carbone;
- Outiller les entreprises du Québec afin d'améliorer leur bilan énergétique ;
- Mutualiser les équipements et les expertises de plusieurs centres de recherche et d'innovation au bénéfice de l'industrie ;
- Stimuler et valoriser la recherche appliquée en transition énergétique.

b. Les Centres Collégiaux de Transfert de Technologie (CCTT) : les CCTT sont les centres de recherche appliquée des Cégeps et des collèges du Québec. Étroitement associés au réseau de l'enseignement collégial du Québec, les CCTT contribuent activement à la formation de la relève et ont pour mission d'accompagner les entreprises et les organismes dans l'innovation via :

- Un soutien technique, c'est-à-dire par de l'accompagnement dans un processus de changement technologique, d'adaptation de solutions technologiques, de transfert des savoirs et de la transmission du savoir-faire, etc.
- Le développement technologique, incluant la conception, la réalisation ou l'amélioration de produits, l'élaboration et la mise à l'essai de procédés ou d'appareils spécialisés, l'amélioration ou la mise au point de technologies, l'animation et l'intervention, le transfert de technologie, etc.
- L'information et la formation, incluant la conception de formations sur mesure, la veille technologique, la recherche d'information, le suivi et l'évaluation post-formation, les études de marché et de faisabilité, l'organisation de conférences et de colloques, etc.

c. Catalyseur d'innovation pour la transition énergétique au Québec (CITEQ) : Le CITEQ émane d'une initiative de l'Escouade Énergie (EÉ) dont l'objectif est de mettre en place un regroupement d'experts issus à la fois des CCTT, des universités et des milieux de pratique qui favorisera la mise en commun des expertises de recherche élargies dans le but de créer un véritable pôle d'excellence en matière de transition énergétique. Le CITEQ, un regroupement

collège – université (RIC) bénéficie d'un financement important du programme Catalyseur d'innovation des Fonds de Recherche du Québec – Nature et Technologie (FRQNT) dans le domaine de la recherche appliquée à la transition énergétique. Le CITEQ est composé présentement d'une vingtaine de chercheurs et chercheuses provenant d'une vingtaine d'établissements.

Mission du CITEQ

Regrouper les ressources humaines, matérielles et financières des CCTT et des universités québécoises pour accélérer l'adoption et l'adaptation des technologies de transition énergétique dans les entreprises et la formation.

Les objectifs du CITEQ

L'objectif principal CITEQ est de contribuer au déploiement de la TÉ au Québec par la mise en place d'une programmation scientifique servant de pont entre la recherche fondamentale et l'application des innovations en MP.

Les objectifs spécifiques du CITEQ sont de :

- Créer un pont entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée;
- Créer des partenariats avec des acteurs clés du domaine de l'énergie de manière à élargir la portée de l'offre;
- Impliquer les MP dans les activités de manière à instaurer des changements durables de comportement dans la TÉ;
- Diffuser les résultats de recherche à un large public composé d'autres chercheuses et chercheurs ainsi que d'autres MP que celui formé par les membres du CITEQ;
- Accélérer l'adoption et l'adaptation des technologies de TÉ dans les MP.

Abréviations

CCTT	Centre collégial de transfert technologique
CITEQ	Catalyseur d'innovation pour la transition énergétique au Québec
CHP	<i>Combined Heat and Power</i>
CNETE	Centre national en électrochimie et en technologie environnementales
CO	Monoxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
EÉ	Escouade énergie
GES	Gaz à effet de serre
GN	Gaz naturel
GNR	Gaz naturel renouvelable
GW	Gigawatt
H ₂	Hydrogène (spécifiquement : dihydrogène ou hydrogène moléculaire)
IMAR	Innovation maritime
IVI	Institut du Véhicule Innovant
kW	Kilowatt
LOHC	<i>Liquid Organic Hydrogen Carriers</i>
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec.
MW	Mégawatt
N ₂	Azote (spécifiquement diazote ou azote moléculaire)
NH ₃	Ammoniac
NMT	Niveau de maturité technologique
NOx	Oxydes d'azote
Mt	Million de tonnes
RIC	Catalyseur d'innovation : regroupement collège-université
RQÉI	Réseau québécois sur l'énergie intelligente
TÉ	Transition énergétique
TW	Terawatt
TWh	Terawatt-heure

Sommaire exécutif

Par la présente, l'Escouade Énergie (EÉ) et le CITEQ proposent une série de mesures et de recommandations qui visent à guider la stratégie du Gouvernement du Québec sur l'hydrogène vert et les bioénergies, qui devrait être dévoilée ce printemps. **Cette stratégie, qui vise le développement des filières d'hydrogène vert et de bioénergies au Québec, va nécessiter des investissements majeurs et un engagement ferme du gouvernement afin que ces filières prennent véritablement leur envol.**

À moins de huit ans de l'année butoir de 2030, un sentiment d'urgence anime ce mémoire. Les enjeux environnementaux et climatiques justifient qu'un plan d'urgence émane de la stratégie afin de permettre au Québec d'atteindre ses cibles de réduction des émissions de GES pour 2030. **L'EÉ et le CITEQ souhaitent que le Québec, qui est fort de ses ressources primaires et de la prépondérance d'électricité de sources renouvelables dans son mix énergétique, occupe un rôle de premier plan sur la scène internationale dans la production d'hydrogène vert et de bioénergies.** Cela passerait par le développement d'une expertise de pointe, à travers une collaboration étroite entre le secteur industriel et les centres de recherche universitaires et collégiaux.

L'EÉ et le CITEQ sont heureux de voir que le gouvernement du Québec veut se doter d'une stratégie ambitieuse avec l'objectif de développer des filières d'hydrogène vert et de bioénergies. Ceci contribuera à la fois à l'atteinte des cibles de réduction des émissions de GES et au rayonnement socio-économique du Québec. La réussite de cette stratégie passerait par une synergie et une mobilisation générale de toutes les parties prenantes dans la transition énergétique au Québec. À cet égard, il est important de mentionner que les projections d'augmentation de puissance et de production électrique d'Hydro-Québec, consignées dans la dernière version de l'état d'avancement de son plan d'approvisionnement 2029, sont à faible portée. **La politique énergétique du Québec doit inclure la quantification des cibles de production d'hydrogène vert et de bioénergies qui seront prévues dans la stratégie, ainsi que des besoins en énergies renouvelables nécessaires pour atteindre ces cibles.**

Par ailleurs, comme l'hydrogène vert et les bioénergies doivent faire partie d'un ensemble de mesures **pour réussir la transition énergétique au Québec, il serait approprié d'identifier les secteurs et les régions où ces vecteurs d'énergie constitueraient un réel atout.** Ainsi, certains secteurs pourraient être priorités, par exemple, l'utilisation de l'hydrogène vert et de bioénergies dans les transports lourds (terrestre, maritime et aérien), certains procédés industriels (sidérurgie) ou sur des sites hors réseaux dans le Grand Nord.

Afin de pouvoir développer au Québec l'expertise nécessaire pour un déploiement adéquat des technologies de l'hydrogène vert et des bioénergies, **il serait important de mettre en place des mécanismes favorisant la collaboration entre les milieux de pratique et les centres de recherche et de formation.** Étant donné la faiblesse du milieu industriel dans le secteur de l'hydrogène vert pour le moment, **il faudra aussi de mettre en place des programmes de financement pour de la recherche conjointe Universités-CCTT,** visant à produire des études et données et aider à structurer la filière et créer des entreprises dans le secteur.

En conclusion, l'hydrogène vert et les bioénergies ont le potentiel d'être un atout considérable pour le Québec dans la diminution des émissions de GES et la lutte aux changements climatiques. Ces filières pourraient engendrer des retombées environnementales, économiques et sociales

majeures, si le Québec se positionne rapidement comme chef de file en production et en développement de technologies de pointe. Pour ce faire, le gouvernement du Québec se doit de fixer des objectifs clairs afin de structurer la filière, notamment en ce qui a trait à la quantité d'électricité requise, la formation de main-d'œuvre, la mise en place de programmes de recherche collaborative, et l'identification des secteurs propices à ces technologies.

Introduction

D'abord annoncée dans le Plan pour une économie verte 2030¹ (PEV 2030) en 2020, la consultation du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) sur l'hydrogène vert et les bioénergies ayant débuté au printemps 2021, s'inscrit dans un effort de mise à niveau du plan directeur du secteur de l'innovation et de la transition énergétique (SITE) en ce qui a trait à la stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies. Cette consultation vise, entre autres, à déterminer quels rôles l'hydrogène vert et les bioénergies peuvent jouer dans l'atteinte des objectifs climatiques du Québec en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Rappelons que le Québec s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 37,5 % par rapport au niveau de 1990 à l'horizon 2030 et à atteindre la carboneutralité pour 2050. Les dernières données disponibles montrent que les émissions de GES en 2019 au Québec étaient seulement de 2,7% inférieures à celles de 1990. L'analyse de l'évolution des émissions annuelles de GES au Québec de 1990 à 2019 suggère même que depuis 2016, alors que les émissions de GES étaient de 9,1% de moins qu'en 1990, la tendance est de nouveau à la hausse².

Nous sommes forcés de constater qu'à ce rythme, le Québec n'est pas en voie d'atteindre ses objectifs de diminution des GES pour 2030. Dans cette perspective, l'hydrogène vert et les bioénergies ont le potentiel d'agir en complémentarité de l'efficacité énergétique et de l'électrification directe de l'économie, qui ne peuvent à eux seuls nous permettre d'atteindre nos objectifs de réduction des émissions de GES. **Dans ce mémoire, L'Escouade Énergie et le CITEQ partagent leurs observations et leurs recommandations dans le but de contribuer à l'élaboration d'une stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies qui permettra au Québec de jouer un rôle majeur au niveau mondial dans la production de l'hydrogène vert et des bioénergies.** Par ailleurs, ce positionnement va aussi permettre au Québec de réduire ses importations de combustibles fossiles qui étaient responsables d'environ 65% du déficit commercial en 2019.

L'Escouade Énergie a déjà produit, conjointement avec le CIRODD et le RQEI, un mémoire dans le cadre de la consultation sur la stratégie à venir. Le présent mémoire s'inscrit en complémentarité avec ce dernier et se veut spécifique aux CCTT du Québec et au CITEQ, et aborde des questions plus techniques et spécifiques.

¹ Gouvernement du Québec, "Plan pour une économie verte 2030," 2020, [Online]. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf>

² Gouvernement du Québec, "Inventaire québécois des GES en 2019," 2021, [Online]. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2019/inventaire1990-2019.pdf>

Hydrogène vert, bioénergies et objectifs de carboneutralité

Les objectifs de réduction des émissions de GES pour 2030 et de carboneutralité de 2050 requièrent une planification stratégique et concertée de tous les aspects de production, de distribution et d'utilisation de l'énergie. Dans cette perspective, l'ÉÉ et le CITEQ considèrent que les thèmes suivants n'ont pas retenu suffisamment d'attention dans le cadre de la consultation sur l'hydrogène vert et les bioénergies qui est en cours.

a. Arrimage du plan d'approvisionnement d'Hydro Québec avec la stratégie

Le plan d'approvisionnement 2020-2029 d'Hydro-Québec³ fait spécifiquement mention de nouveaux marchés tels que les centres de données, les véhicules électriques, les cryptomonnaies et la culture en serre, qui s'ajoute à la croissance naturelle de la consommation. Ces nouvelles demandes nécessiteront de nouveaux approvisionnements de long terme à partir de l'hiver 2026-2027, et de l'année 2027 respectivement pour la puissance et pour l'énergie⁴.

Cependant, force est de constater que l'augmentation de la demande en énergie spécifiquement pour des projets de production d'hydrogène vert et de bioénergies est quasi absente des prévisions. Dans l'État d'avancement 2021 du plan d'approvisionnement 2020-2029, la production d'hydrogène vert et de biocarburant y est mentionnée, mais les prévisions de 0,9 TWh sont nettement insuffisantes pour que la filière de l'hydrogène vert ait un impact notable sur les objectifs de diminution des GES pour 2030. À ce jour, le Québec n'a pas d'objectifs chiffrés de production d'hydrogène vert.

La réalité est que si le Québec veut jouer un rôle de premier plan sur la scène internationale en production d'hydrogène vert, les prévisions d'augmentation de puissance et de production électrique devront être substantiellement revues à la hausse. À titre d'exemple, l'Union européenne prévoit avoir une capacité d'électrolyse d'une puissance totale de 40 GW en 2030, alors qu'elle n'est que de 0,1 GW actuellement⁵. Il s'agit là d'une cible égale à 400 fois leur capacité actuelle. Au Québec, l'usine de production d'hydrogène vert de Bécancour peut produire 8,2 tonnes d'hydrogène par jour, ou environ 3000 tonnes par an, avec une capacité d'électrolyse d'une puissance de 20 MW.

³ Hydro-Québec, "Plan d'approvisionnement 2020-2029," 2019, [Online]. http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/529/DocPrj/R-4110-2019-B-0005-Demande-Piece-2019_11_01.pdf

⁴ Hydro-Québec, "ÉTAT D'AVANCEMENT 2021 DU PLAN D'APPROVISIONNEMENT 2020-2029," 2021. [Online]. http://www.regie-energie.qc.ca/audiences/Suivis/Suivi_HQD_PlanAppro2020-2029/État_d'avancement_2021.pdf

⁵ Hydrogen Council, "Hydrogen Insights," 2021. [Online]. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>

Le *Hydrogen Council* prévoit qu'en 2050 l'hydrogène vert sera responsable de 20% des efforts de décarbonation de l'économie mondiale⁶. Le document "*Hydrogen Strategy for Canada*" avance des objectifs encore plus ambitieux, notamment que l'hydrogène vert comblera 6% (4 Mt-H₂) de la demande totale en énergie au Canada en 2030 et atteindra 30% en 2050 (20 Mt-H₂)⁷. Or, si le Québec se donnait comme objectif de produire le quart de la demande canadienne en hydrogène pour 2030, soit 1 Mt-H₂, une capacité d'électrolyse de 6,7 GW serait requise. Cela représente plus de trois fois l'augmentation totale d'environ 2 GW prévu au bilan de puissance d'Hydro-Québec pour 2029.

La production d'une tonne d'hydrogène vert par électrolyse de l'eau requiert environ 50 MWh d'électricité, ce qui représente plus de 50 fois l'augmentation de la demande prévue à cet effet par Hydro-Québec dans son plan d'approvisionnement 2020-2029. Cette sous-évaluation des besoins énergétiques requis pour la production d'hydrogène vert exige une intervention et un plan d'action accéléré pour pallier cette incohérence.

De plus, il n'est ni réaliste ni souhaitable que l'augmentation de la production d'électricité soit la seule solution pouvant mener à une production accrue d'hydrogène vert. En ce sens, le gouvernement du Québec doit voir l'ampleur de la demande en électricité que requiert cette production pour revoir et renforcer tous les programmes d'efficacité énergétique.

Recommandation 1

L'Escouade Énergie (EÉ) et le CITEQ recommandent que le Québec prenne des actions nécessaires pour prendre en compte l'augmentation de la demande en puissance et en énergie électrique permettant une production importante d'hydrogène vert et de bioénergies afin de mieux contribuer à l'atteinte des objectifs climatiques à horizon 2030 et 2050.

b. L'importance de l'ammoniac

L'EÉ et le CITEQ considèrent que la question de l'ammoniac vert est trop peu présente dans la consultation. L'ammoniac vert se situe à la frontière entre l'hydrogène vert et les bioénergies, et les avancements technologiques en production d'ammoniac vert pourraient en faire un vecteur énergétique clé pour les décennies à venir. **Outre son importance dans la production agricole mondiale, l'ammoniac (NH₃) est généralement reconnu comme un meilleur porteur d'hydrogène que la molécule de**

⁶ Hydrogen Council, "Hydrogen for Net-Zero," 2021. [Online]. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-for-Net-Zero.pdf>

⁷ Government of Canada, "Hydrogen Strategy for Canada," 2020. [Online]. https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/environment/hydrogen/NRCan_Hydrogen-Strategy-Canada-na-en-v3.pdf

dihydrogène elle-même (H₂)⁸. Autrement dit, à volumes liquides égaux, l'ammoniac contient plus d'hydrogène que l'hydrogène pur! De surcroît, l'ammoniac vert est de plus en plus considéré comme un biocarburant propre de choix pour les transports lourds, qu'ils soient terrestres, maritimes ou aériens. À titre d'exemple, la compagnie Boeing collabore actuellement avec plusieurs partenaires, dont la NASA, dans le développement de moteurs à l'ammoniac pour l'aviation commerciale⁹.

A l'heure actuelle, la production d'ammoniac dépend presque entièrement du procédé Haber-Bosch¹⁰. Ce procédé est très énergivore puisqu'il requiert des conditions réactionnelles extrêmes telles qu'une température de 400 °C et une pression de 200 bars pour produire de l'ammoniac (NH₃) à partir d'hydrogène (H₂) et d'azote (N₂). **Les technologies de 3^e génération de production d'ammoniac pourraient permettre de produire de l'ammoniac directement grâce à des procédés simultanés d'électrolyse de l'eau (production de H₂) et de réduction de l'azote (formation de NH₃ à partir de N₂ et H₂)¹⁰.** Cela permettrait de produire de l'ammoniac sans avoir à préalablement produire, stocker et transporter l'hydrogène, et ainsi réduire les risques et les coûts associés aux procédés actuels.

Recommandation 2

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de financer la recherche et l'innovation de technologies de 3^e génération de production d'ammoniac et de capitaliser sur l'engouement croissant pour ce carburant dans les transports lourds, en particulier dans le transport maritime et l'aviation.

c. L'utilisation saisonnière de l'hydrogène vert

Au Québec, les périodes de pointe de consommation d'électricité se produisent en hiver en raison des besoins de chauffage. Pendant ces périodes de pics de puissance qui surviennent l'hiver, le réseau électrique se trouve congestionné et Hydro-Québec se trouve contrainte d'acheter de l'électricité sur les marchés à des prix élevés.

L'énergie solaire photovoltaïque (PV) constitue une solution de plus en plus compétitive et le Québec possède un potentiel énergétique non négligeable, surtout dans le sud de la province où se concentre l'écrasante majorité de la population. Cependant, cette ressource d'énergie est moins importante l'hiver quand les besoins en puissance sont les plus élevés.

Afin de permettre à l'énergie solaire PV de contribuer à répondre aux pics de puissance, l'hydrogène vert pourrait jouer un rôle important à travers le stockage d'énergie à moyen et à long terme (stockage saisonnier). **Ainsi, l'hydrogène vert peut à la fois servir à**

⁸ D. R. MacFarlane et al., "A Roadmap to the Ammonia Economy," *Joule*, vol. 4, no. 6. 2020, doi: 10.1016/j.joule.2020.04.004

⁹ J. Atchison, "NASA, Boeing, UCF to study zero-carbon ammonia jet fuel," 2022. [Online].

<https://www.ammoniaenergy.org/articles/nasa-boeing-ucf-to-study-zero-carbon-ammonia-jet-fuel>

¹⁰ D. R. MacFarlane et al., "A Roadmap to the Ammonia Economy," *Joule*, vol. 4, no. 6. 2020, doi: 10.1016/j.joule.2020.04.004

atténuer la variabilité de la production d'électricité des filières éolienne et solaire PV, tout en servant à combler les déficits énergétiques du Québec en hiver.

La production d'hydrogène vert et son stockage direct sous forme liquide ou pressurisée, ou indirecte sous forme d'ammoniac, de LOHC (*Liquid Organic Hydrogen Carriers*) ou d'hydrures métalliques offrent plusieurs possibilités de stockage d'énergie à moyen et long terme, tout en servant de complément aux technologies de stockage à court terme, comme les batteries.

Les nombreuses possibilités de stockage qu'offrent l'hydrogène et ses dérivées deviendraient ainsi un atout supplémentaire et stratégique pour le Québec afin de répondre à ses besoins énergétiques tout au long de l'année et d'assurer la stabilité de son réseau électrique.

Recommandation 3

L'ÉE et le CITEQ recommandent donc de mettre en place des stratégies pour le déploiement de technologies de stockage saisonnier de l'énergie sous forme d'hydrogène vert et de ses dérivés à des fins d'approvisionnement énergétiques stratégiques en hiver.

d. Biocarburants, bioraffinage et environnement

Le potentiel de réduction des GES associé à une utilisation accrue des biocarburants comme le biodiesel et les carburants de synthèse renouvelables méritent une attention particulière. Ces carburants pourraient jouer un rôle non négligeable dans la décarbonation des transports lourds (ex. maritime, aérien et ferroviaire) s'ils sont utilisés comme carburant de substitution.

Cependant, la stratégie sur les bioénergies devra tenir compte des activités de valorisation de la biomasse qui sont déjà en place. Il y aura inévitablement une compétition pour les gisements qui nécessitera des études pour déterminer les meilleures voies de valorisation. Une harmonisation avec les politiques existantes de valorisation des matières organiques (ex. RECYC-QUÉBEC) sera essentielle au déploiement de la stratégie à venir.

Il serait aussi important de considérer la voie du bioraffinage pour créer des filières d'exploitation de biomasse intégrées, y compris la production et la valorisation de sous-produits. De plus, il faut tenir compte du fait que l'utilisation de carburants de substitution n'élimine pas complètement les émissions de polluants comme les oxydes d'azote (NOx), le monoxyde de carbone (CO), et les composés organiques volatils (COV). À cet égard, la recherche et l'innovation dans les carburants de synthèse renouvelables pouvant diminuer l'impact des moteurs à combustion interne sur la qualité de l'air auraient des bénéfices environnementaux importants.

Recommandation 4

L'ÉE et le CITEQ recommandent de financer des projets de recherche et d'innovation en bioénergies sur les procédés et technologies visant à diminuer les émissions de polluants qui affectent la qualité de l'air lorsque ces carburants de substitution sont utilisés dans les moteurs à combustion interne.

e. L'urgence d'agir !

Selon l'ÉE et le CITEQ, un plan d'urgence est de mise afin d'atteindre les cibles de réduction des émissions de GES pour 2030. Les enjeux environnementaux et climatiques justifient de mettre en place des mécanismes nécessaires à une exécution accélérée de la stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies.

Recommandation 5

L'ÉE et le CITEQ recommandent les mesures suivantes dans le but d'accélérer le déploiement de la stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies :

- Simplifier et accélérer le processus d'autorisation gouvernementales et la reddition de compte
- Éliminer les barrières à la collaboration à travers le milieu universitaire et les CCTT
- Accélérer les processus d'analyse des fonds qui prend actuellement de 6 mois à 2 ans

Vision et principes directeurs

La réussite de la stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies passerait inévitablement par la prise en compte des différents défis techniques, technologiques, socio-économiques et environnementaux auxquels sont confrontés ces deux types d'énergie.

a. La ressource

Compte tenu des ressources primaires et du savoir-faire existant au Québec, il est clair pour l'ÉÉ et le CITEQ, que le point de départ de la création d'une économie de l'hydrogène vert et des bioénergies passe par l'exploitation et la valorisation des ressources (eau, électricité propre et biomasse).

b. La recherche et l'innovation

L'ÉÉ et le CITEQ considèrent que Québec ne doit pas miser uniquement sur la ressource et la production d'hydrogène vert et de bioénergies. Le financement de l'innovation et de la R&D collaborative devra être à la hauteur de nos ambitions pour créer des filières d'hydrogène et de bioénergies dont les assises seront solides. Ceci permettra de positionner le Québec comme un des chefs de file mondiaux dans la production de ces deux types d'énergie.

c. L'économie du savoir

Avec l'objectif d'atteindre la carboneutralité en 2050, le Québec a tout intérêt à bâtir une économie du savoir durable autour de l'hydrogène vert et des bioénergies. Ceci aidera le Québec à atteindre ses objectifs climatiques. En effet, la réussite du déploiement d'une stratégie sur l'hydrogène et les bioénergies requiert la disponibilité de ressources humaines qualifiées à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Par ailleurs, le déploiement de cette stratégie permettra de créer des emplois durables et bien rémunérés.

d. Rayonner à l'international

L'ÉÉ et le CITEQ estiment qu'une vision basée sur les thèmes précédemment abordés permettra au Québec de rayonner sur la scène internationale en matière d'hydrogène vert et de bioénergies.

Réponses de l'Escouade Énergie et du CITEQ aux questions soulevées lors de la consultation

Résultats clés de la stratégie

- **Quels devraient être selon vous les résultats clés de la stratégie ?**
 - Favoriser la recherche et l'innovation collaborative et autonome sur l'hydrogène vert et les bioénergies qui permettra de développer une expertise québécoise et de contribuer à rendre ces deux types d'énergie encore plus compétitifs.
 - Faire du Québec un exportateur :
 - D'hydrogène vert, ses dérivés et de bioénergies
 - D'innovations technologiques de production, stockage et d'utilisation de l'hydrogène et des bioénergies
 - D'expertise et de savoir-faire
 - Contribuer à réduire davantage l'empreinte carbone des biocarburants.
 - Augmenter la résilience du réseau d'Hydro-Québec durant les pointes de consommation hivernale en utilisant l'hydrogène, ou ses dérivés, comme forme de stockage de moyen et long terme (à travers un déploiement important des énergies renouvelables qui sont de plus en plus compétitives par rapport aux ressources conventionnelles).
 - Diversifier l'offre énergétique du Québec.
 - Contribuer à l'atteinte des objectifs climatiques du Québec et réduire le déficit de sa balance commerciale, en réduisant les importations de sources d'énergies productrices de GES.

Réduire les émissions de gaz à effet de serre

- **Quelle pourrait être selon vous la contribution des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies à la cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre du Québec pour 2030 ?**
 - Pour l'hydrogène vert, la cible de réduction des émissions de GES à horizon 2030 comporte des défis particuliers :
 - La filière doit d'abord atteindre les objectifs de compétitivité par rapport à l'hydrogène bleu, ainsi que l'hydrogène gris pour 2030 en favorisant :
 - La recherche et l'innovation collaborative et autonome en s'appuyant sur les universités et les CCTT québécois

- Les transferts technologiques et la formation
 - Les économies d'échelle dans la chaîne d'approvisionnement
- Les bioénergies offrent plusieurs opportunités de déplacement des combustibles fossiles par des biocarburants de substitution
 -
- **Quelle pourrait être selon vous la contribution des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies à l'objectif de carboneutralité à l'horizon 2050 ?**
 - De 2030 à 2050, les filières se doivent de passer en mode : "remplacer-convertir-réaffecter"
 - **Remplacer** les équipements et procédés à forte intensité carbone par des équivalents utilisant l'hydrogène vert ou les bioénergies
 - **Convertir** les systèmes de chauffage, moteurs à combustion interne, etc.
 - **Réaffecter** les infrastructures de distribution de combustibles fossiles :
 - Essence ⇒ LOHC et biocarburants (stockage & transport)
 - Propane et Gaz naturel ⇒ ammoniac et hydrogène (stockage & transport)
 - Oléoducs pour le pétrole ⇒ Oléoducs LOHC et biocarburants
- De quels autres avantages pour l'environnement devrait-on tenir compte dans l'élaboration de la stratégie ?
 - Outre la diminution des GES, l'hydrogène vert, ses dérivés et les bioénergies permettront de diminuer les émissions :
 - de composés organiques volatils (COV)
 - de monoxyde de carbone (CO)
 - d'oxydes de soufre (SOx)
 - d'oxydes d'azote (NOx), notamment dans des moteurs à combustion interne qui utilisent des mélanges $H_2 + NH_3$
 - L'exportation d'hydrogène vert contribuera à la diminution des GES au-delà de nos frontières

Stimuler le développement économique

- **Quel rôle l'hydrogène vert et les bioénergies pourraient-ils jouer dans les diverses régions et les divers secteurs économiques ?**
 - Secteurs économiques :
 - Transports lourds (maritime, aérien et ferroviaire)
 - Procédés industriels à chaleur intense
 - Sidérurgie (hydrogène ⇒ agent réducteur du minerai de fer)
 - Chauffage commercial et résidentiel (ex. injection de l'hydrogène vert dans le réseau gazier d'Énergir)

- Transport léger
- Chimie verte (utilisation de l'hydrogène vert comme réactif durable)
- Régions (exemples) :
 - Grande région de Montréal :
 - Proximité avec l'industrie de l'aéronautique (Bombardier, Pratt & Whitney)
 - Biocarburant pour l'aviation
 - Fabrication de moteurs à l'hydrogène et l'ammoniac
 - Gaspésie et Charlevoix (ressource éolienne) :
 - Production d'hydrogène vert pour :
 - Améliorer la stabilité et la résilience du réseau électrique (à travers le stockage des surplus énergétiques provenant des parcs éoliens sous forme d'hydrogène vert)
 - Mieux gérer la variabilité de la ressource éolienne
- **Quels seraient les besoins, par exemple en formation de la main-d'œuvre, pour stimuler l'économie partout au Québec ?**
 - Chacune des étapes de la chaîne de valeur de l'hydrogène nécessite un savoir-faire spécifique à ce domaine. Les technologies de production, de stockage, de transport et d'utilisation finale, ainsi que les mesures de sécurité propres à ces activités vont nécessiter des efforts considérables en formation de la main-d'œuvre. Ces efforts devront être déployés tant dans l'industrie que dans les milieux collégial et universitaire.
 - Faire une feuille de route des besoins en main-d'œuvre dans le secteur :
 - Formations techniques et formation continue
 - Formations asynchrones dans le contexte actuel
 - Reconnaissance des acquis et des compétences des travailleurs de l'industrie pétrolière pour l'hydrogène vert et les bioénergies
 - Secteur R&D
 - Formation de chercheurs, ingénieurs et techniciens de l'ÉE et du réseau québécois sur l'énergie intelligente (RQEI) à travers l'utilisation de leurs parcs d'équipements de recherche.
 - Partage d'équipement entre les institutions de recherche québécoises
 - Chercheurs, ingénieurs et techniciens vont nourrir les PHQ dans les industries par la suite

Promotion à l'international

- **Que pensez-vous des occasions d'affaires que l'hydrogène vert et les bioénergies pourraient apporter dans la promotion du Québec à l'international ?**
 - Le Québec est très bien positionné pour rayonner à l'international dans le domaine de l'hydrogène vert. Il est clair que le Québec peut devenir à la fois un exportateur de la ressource, des technologies et du savoir-faire.
 - Le Québec est très bien outillé pour se positionner dans la production et l'utilisation de l'hydrogène vert dans les milieux isolés, dont les développements récréotouristiques dans les milieux sensibles.
 - Nos régions isolées (réseaux autonomes) devraient servir de plateforme de démonstration des technologies de l'hydrogène vert et des bioénergies, ainsi que de lieux de formation de la main-d'œuvre d'ici et d'ailleurs. À ce jour, il y a environ 700 millions de personnes dans le monde qui sont toujours sans électricité. Le savoir-faire québécois pourrait s'exporter pour pallier cette réalité.
 - Le Québec dispose de ressources en biomasse uniques, et devrait développer son positionnement dans la valorisation de la biomasse en hydrogène vert et bioénergies (pyrolyse et ou gazéification, filtration des biogaz) : les projets de R&D devraient être soutenus de manière importante pour dans le but de faire baisser les coûts de production et diminuer les risques associés à cette technologie. Des pays européens possédant bien moins de ressources forestières gagnent du terrain dans le développement de ces technologies de 3e génération.

Des mesures concrètes pour passer à l'action

- **Où et quand cela convient-il d'utiliser l'hydrogène vert et les bioénergies ?**
 - Transport maritime et aérien (H_2 , NH_3 et biocarburants)
 - Injection dans les réseaux d'approvisionnement en GN (H_2 , GNR)
 - Remplacement du diesel et de l'essence, en tout ou en partie (biocarburants)
 - Atténuer le déficit énergétique du Québec, surtout durant l'hiver, via le stockage à moyen et long terme, ex. 4 à 8 mois (H_2 , NH_3 et LOHC).
 - Où et quand PRODUIRE l'hydrogène est tout aussi primordial pour :
 - Stocker les surplus énergétiques d'origine renouvelables pour produire de l'hydrogène vert et ainsi minimiser les impacts de la variabilité des ressources éoliennes et solaires PV sur la résilience de réseau électrique

- Améliorer la balance commerciale du Québec par la production et le stockage d'hydrogène vert et de bioénergies pour diminuer les importations de produits pétroliers.
- **En ce qui concerne l'hydrogène vert, à quels stades potentiels de la chaîne de valeur (production, stockage et distribution ainsi qu'utilisation finale) le Québec est-il le mieux placé pour devenir le chef de file de leur développement ?**
 - Grâce à l'abondance de ses ressources primaires (eau et électricité de sources renouvelables), le Québec est, d'abord et avant tout, particulièrement bien placé pour devenir un chef de file dans la **production** d'hydrogène vert.
 - Toujours grâce à ses ressources, le Québec pourrait aussi devenir chef de file dans le **stockage et la distribution** dans un scénario où la production atteindrait des niveaux suffisants pour des exportations à l'international.
 - De par son expertise dans les milieux isolés du Grand Nord, le Québec pourrait aussi être un chef de file dans l'**utilisation finale** de l'hydrogène vert en climat froid (piles à combustible, cogénératrices).
- **Quelles utilisations offrent le meilleur potentiel de réduction des coûts ?**

Hydrogène vert :

- Secteurs industriels (procédés à chaleur intense)
- Transport lourd (terrestre, maritime et aérien)
- Chauffage commercial et résidentiel
- Stockage moyen et long terme de surplus énergétiques
- Cogénération (chaleur & électricité), particulièrement en climat froid

Biocarburants :

- Les technologies de pyrogazéification dans le but de remplacer le gaz naturel (GN) par du gaz naturel renouvelable (GNR) dans les réseaux d'Énergir

- **Comment pouvez-vous contribuer à la mise en œuvre de la stratégie ?**

Hydrogène vert et ses dérivés :

- En tant que CCTT qui opère un parc éolien, un microréseau multisources (éolien, solaire PV, diesel et technologies de stockage d'énergie), Nergica se trouve dans une situation privilégiée pour contribuer à la mise en œuvre de la stratégie sur l'hydrogène vert. En effet, ces installations à échelle réelle permettront de mener des travaux afin d'accélérer la commercialisation et l'adoption des technologies par le milieu de pratique.
- Avec un savoir-faire diversifié et de haut niveau, Nergica est particulièrement compétente pour être impliquée dans les efforts de recherche et d'innovation en production (électrolyse) et stockage de l'hydrogène vert à partir des ressources d'énergie renouvelable (éolienne et solaire PV).

- Nergica possède également le savoir-faire pour intégrer à son microréseau des piles à combustible, qu'elles soient alimentées à l'hydrogène, à l'ammoniac ou au méthanol. Il en va de même pour l'intégration de cogénération électricité/chaleur (GN + H₂ ou H₂).
- Nergica et son Cégep d'affiliation, Le Cégep de la Gaspésie et des Îles, contribueront à la formation de techniciens dans les métiers de l'hydrogène vert (opération et entretien des plateformes de production et d'utilisation d'hydrogène).

Biocarburants :

- L'ÉÉ vise à rassembler les forces vives de la recherche appliquée et fondamentale dans le domaine de l'énergie au Québec
 - Augmenter le niveau de maturité technologique (NMT) de la pyrogazéification
 - Diminuer les coûts de production du GNR via des collaborations (SEREX, CEPROCQ, Innofibre, CNETE, etc.)

L'ÉÉ et le CITEQ, via leurs membres, pourraient aussi travailler sur des sujets tels que :

- L'utilisation de l'hydrogène et les bioénergies dans les maritimes (IMAR) et les véhicules électriques (IVI)
- La production et filtration des biogaz (CNETE), incluant le BioHydrogène, y compris à partir de micro-algues (CNETE et Innofibre)
- La purification des biogaz et l'évaluation des voies d'utilisation de différents grades en termes de teneur en hydrogène et de présence d'impuretés (CNETE, Kemitek)
- L'utilisation de l'hydrogène vert et du biodiesel en chimie verte ainsi que pour la fabrication de carburants de synthèse renouvelables (Kemitek)
- Le stockage de l'hydrogène issu des énergies renouvelables intermittentes dans des milieux éloignés (Nergica)
- La modélisation moléculaire du stockage de l'hydrogène, par exemple sous forme d'hydrures métalliques dans des métaux nobles (CNETE)

● **Que manque-t-il à votre avis pour concrétiser des projets ?**

- Apport gouvernemental accru pour développer et/ou améliorer :
 - Les technologies de faible maturité (NMT < 6) dont :
 - La déshydrogénation des LOHC
 - L'ammonification verte
 - Le craquage de l'ammoniac
 - La mise en place de programmes de subvention (recherche collaborative avec les universités) pour pallier au fait que le tissu entrepreneurial en hydrogène vert et les bioénergies n'est pas au même niveau de maturité que pour d'autres secteurs de la transition énergétique

- Les partenariats et accompagnements ciblés dans les secteurs de l'économie plus réfractaires à la transition énergétique
- Le financement structurel des regroupements de recherche sur le sujet visant à mutualiser les expertises et équipements sur le sujet (RQEI et EÉ et le CITEQ)
- Le financement d'études préliminaires d'opportunité sur des projets potentiels AVANT le choix du partenaire industriel sur le projet (pyrogazeification ou autre)
- Le financement du transfert de connaissances vers les centres de recherche québécois sur des technologies nécessaires au développement du secteur, mais sur lesquels il n'y a pas actuellement d'expertise au Québec (exemple de la production de membranes de filtration de biogaz)

Axes, objectifs et recommandations

a. Axe 1 - Objectif 1 (Développer les infrastructures de production et de distribution)

Recommandation 6

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de prévoir, promouvoir et soutenir le déploiement d'infrastructures de stockage d'hydrogène (liquéfaction, pressurisation), de transformation et stockage de substances dérivées de l'hydrogène (NH₃, LOHC, méthanol, etc.) et d'utilisation finale (piles à combustible [H₂, NH₃, méthanol], génératrices et co-génératrices [GN, GNR, H₂, NH₃]).

Recommandation 7

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de prévoir, promouvoir et soutenir la réaffectation d'infrastructures existantes initialement mises en place pour le stockage et la distribution de combustibles fossiles.

Recommandation 8

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent qu'Hydro-Québec arrime ses prévisions de demande en électricité avec les prévisions de la stratégie sur l'hydrogène vert à venir

Recommandation 9

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de favoriser davantage les projets de puissance électrique additionnelle qui sont moins GES-intenses, tels que l'éolien et le solaire PV, qui sont de plus en plus compétitifs pour supporter l'augmentation de la demande découlant spécifiquement de projets de production d'hydrogène vert et de bioénergies.

b. Axe 1 - Objectif 2 (Augmenter l'utilisation de l'hydrogène vert et des bioénergies)

Recommandation 10

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent d'utiliser des incitatifs et des leviers GES-punitifs pour accélérer l'atteinte de compétitivité de l'hydrogène vert versus l'hydrogène bleu d'abord, et ultimement par rapport à l'hydrogène gris.

Recommandation 11

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent d'utiliser des incitatifs et des leviers GES-punitifs pour accélérer l'utilisation de carburants renouvelables à faible intensité carbone versus les carburants à forte intensité carbone.

Recommandation 12

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent la mise en place de bases réglementaires sur la traçabilité de l'hydrogène vert et d'harmoniser cette réglementation avec d'autres initiatives similaires sur la scène internationale.

Recommandation 13

L'ÉE et le CITEQ recommandent de clarifier les intentions réglementaires gouvernementales relatives à la production et au commerce de l'hydrogène vert et des bioénergies de manière à diminuer les incertitudes et le risque pour les investisseurs et développeurs potentiels.

Recommandation 14

L'ÉE et le CITEQ recommandent de dresser un échéancier clair de transition à moyen et long terme pour l'industrie, accompagné de mesures incitatives jusqu'en 2030 avec une progression vers des mesures punitives entre 2030 à 2050.

Recommandation 15

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faciliter la réalisation d'études de pré faisabilité et faisabilité de pour les parties prenantes de l'industrie visant le remplacement d'équipements et procédés GES-intenses, ainsi que la conversion et la réaffectation d'équipement actuellement utilisé pour des combustibles fossiles.

c. Axe 2 - Objectif 3 (Améliorer les connaissances et leur diffusion)**Recommandation 16**

L'ÉE et le CITEQ recommandent de favoriser une implication accrue d'étudiants collégiaux et universitaires dans la recherche industrielle, entre autres via des collaborations étroites des regroupements d'experts au Québec tels que le RQÉI, le CITEQ et le CIRODD.

Recommandation 17

L'ÉE et le CITEQ recommandent le financement de la partie industrielle du MITACS ou autre, pour des projets en lien avec les secteurs de l'hydrogène vert et des bioénergies puisqu'il y a très peu de joueurs industriels dans ces secteurs actuellement.

Recommandation 18

L'ÉE et le CITEQ recommandent de favoriser la création de *startups* dans le domaine de l'hydrogène vert et des bioénergies via des partenariats étudiants-chercheurs-incubateurs.

Recommandation 19

L'ÉE et le CITEQ recommandent de financer l'importation et l'échange de savoir dans le domaine depuis l'étranger, surtout dans les niches dans lesquelles le Québec accuse déjà un retard.

Recommandation 20

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faciliter et accélérer le processus d'immigration du personnel hautement qualifié (PHQ) dans les domaines de l'hydrogène vert et des bioénergies.

Recommandation 21

L'ÉE et le CITEQ recommandent de s'assurer que le milieu de la recherche dispose d'installations "*explosion proof*" suffisamment grandes pour permettre d'effectuer des essais de façon sécuritaire pour valider les tests à petite échelle effectués en laboratoire. Ces installations devraient compter aussi des équipements *explosion proof* (par exemple, pour la fermentation ou la filtration membranaire (CNETE)).

Recommandation 22

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de favoriser l'utilisation partagée des infrastructures spécialisées entre établissements de recherche au Québec, et que ces installations soient disponibles pour toutes les institutions.

Recommandation 23

De façon générale, l'hydrogène vert et les bioénergies sont des vecteurs d'énergie. En ce sens, l'ÉÉ et le CITEQ recommandent de produire et utiliser les vecteurs d'énergies renouvelables appropriés à différentes applications selon :

- La disponibilité des ressources (eau, électricité de source renouvelable, biomasse)
- La particularité du besoin énergétique (ex. H₂ pour piles à combustible et NH₃ pour le transport maritime)
- L'autonomie et la puissance requise (piles à combustibles ou moteurs à combustion interne et cogénératrices)
- Les cycles journaliers et annuels, par exemple :
 - Court terme (H₂ pressurisé ou liquide)
 - Moyen terme (NH₃ pressurisé ou liquide)
 - Long terme (LOHC et hydrures métalliques)

Recommandation 24

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de compléter l'inventaire de la biomasse disponible sur le lien de la consultation où le potentiel de la biomasse y est surestimé, car les sous-produits du sciage ont été considérés dans le potentiel technique à 100%.

Recommandation 25

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de déterminer le potentiel économique de la biomasse disponible en fonction de la qualité, du prix, du coût de transport et de l'utilisation actuelle de chaque gisement (coût d'opportunité).

Recommandation 26

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de soutenir le partage d'équipements et d'expertise dans les domaines de l'hydrogène vert et des bioénergies dans les CCTT et universités, et s'assurer du financement structurel et récurrent des regroupements qui ont pour mission de permettre, faciliter, promouvoir et mettre des outils en place pour ce partage (RQEI et ÉÉ). Ces regroupements académiques permettent l'avancement de la recherche appliquée en lien avec les milieux industriels.

Recommandation 27

L'ÉÉ et le CITEQ recommandent de permettre et faciliter une implication accrue des acteurs en énergie qui ont des compétences transposables à l'hydrogène vert et aux bioénergies, tels les membres de l'ÉÉ, du CITEQ et du RQEI.

Recommandation 28

L'ÉE et le CITEQ recommandent de mettre à profit les réseaux sectoriels de recherche industrielle, tels que InnovÉÉ, le CRIBIQ et PRIMA pour développer des programmes (incluant des appels à projets) appropriés.

Recommandation 29

L'ÉE et le CITEQ recommandent la création de programmes universitaires, collégiaux, professionnels et de formation continue, ainsi que la certification de formation spécialisée, dans les domaines de l'hydrogène vert et des bioénergies.

Recommandation 30

L'ÉE et le CITEQ recommandent de financer la formation dans toutes les régions du Québec, de chercheurs et techniciens de laboratoire à l'exploitation d'équipements spécialisés utilisés dans le domaine de l'hydrogène et des bioénergies.

d. Axe 2 - Objectif 4 (Développer des solutions et des procédés innovants)**Recommandation 31**

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faciliter la réalisation de projets de démonstration avec des partenaires industriels comme, par exemple, des essais de biocarburant pour l'aviation avec des transporteurs québécois (Pascan, Air Inuit) ou par la collaboration avec des initiatives comme la Canada's Biojet Supply Chain Initiative (CBSCI).

Recommandation 32

L'ÉE et le CITEQ recommandent de financer la R&D en pyrogazéification afin de réduire les coûts et augmenter l'efficacité de cette technologie, et également permettre le transfert des connaissances et du savoir-faire de l'étranger vers le Québec.

Recommandation 33

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faire inscrire au plan d'approvisionnement d'Hydro-Québec, le remplacement graduel des centrales thermiques au diesel dans les réseaux autonomes (communautés isolées), à travers de projets pilotes, en prenant en compte des opportunités qu'offrent à l'hydrogène vert et les bioénergies. Cette approche permettra de contribuer à une meilleure conversion des réseaux autonomes et d'aider de réduire d'une manière significative l'utilisation des carburants fossiles dans les sites miniers isolés au Québec en favorisant une énergie propre et renouvelable.

Recommandation 34

L'ÉE et le CITEQ estiment que les retombées économiques durables passent par une économie du savoir dans les domaines de l'hydrogène vert et des bioénergies. En ce sens, l'ÉE et le CITEQ recommandent de ne pas miser seulement sur la production et sur l'abondance de nos ressources primaires, mais plutôt de mettre en place des mécanismes permettant de développer des expertises québécoises dans ces domaines.

Recommandation 35

L'ÉE et le CITEQ recommandent que les CCTT puissent disposer de fonds autonomes afin de pouvoir réaliser des études neutres pouvant contribuer au développement des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies.

Recommandation 36

Le développement des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies requiert une synergie de compétences multidisciplinaires. À cet égard, l'ÉE et le CITEQ recommandent de privilégier les financements pluriannuels des organismes qui fédèrent la recherche collégiale (ÉE, le CITEQ) et universitaire (RQEI). Ceci permettrait de mettre en commun des expertises de pointe et de favoriser les partages d'équipements spécialisés au profit de l'industrie et des communautés.

e. Axe 3 - Objectif 5 (Accroître l'engagement des acteurs publics et privés en faveur du développement des filières de l'hydrogène vert et des bioénergies)

Recommandation 37

L'ÉE et le CITEQ recommandent de promouvoir les collaborations et l'arrimage avec des initiatives pancanadiennes telles la Canada's Biojet Supply Chain Initiative (CBSCI).

Recommandation 38

L'ÉE et le CITEQ recommandent de financer la participation des institutions de recherche aux missions commerciales à l'étranger afin de permettre l'échange, le transfert de connaissances et la mobilité du PHQ.

Recommandation 39

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faciliter le commerce de l'hydrogène vert et des bioénergies dans les ententes commerciales.

Recommandation 40

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faire valoir le savoir-faire et l'expertise québécoise en matière d'hydrogène vert et de bioénergies à travers les missions économiques, ainsi qu'en facilitant financièrement la diffusion des résultats de recherche dans des publications d'impact et par la participation aux conférences/événements internationaux.

Recommandation 41

L'ÉE et le CITEQ recommandent d'appliquer les apprentissages de la filière éolienne en contractualisant des ententes d'achat à long terme d'hydrogène vert et de bioénergies, ainsi qu'en incluant des clauses de prévisibilité et d'atténuation du risque pour les investisseurs.

Recommandation 42

L'ÉE et le CITEQ recommandent de permettre un cadre de dépôt de projets innovant, tout en permettant la rentabilité financière et les retombées sur les collectivités.

Recommandation 43

L'ÉE et le CITEQ recommandent d'accentuer le support financier des regroupements québécois tels que le RQÉI et le CITEQ afin de les doter des moyens nécessaires permettant de créer des synergies entre les chercheurs universitaires et collégiaux pour accélérer le développement et l'adoption des technologies par les milieux de pratique. Par ailleurs, cet accompagnement accru de ces regroupements permettra d'avoir un impact plus important sur la formation des experts nécessaire au déploiement important des technologies d'hydrogène vert et des bioénergies.

f. Axe 3 - Objectif 6 (Favoriser l'adhésion des communautés locales et autochtones au développement des filières)**Recommandation 44**

L'ÉE et le CITEQ recommandent de favoriser la sensibilisation du public et la publication de documents vulgarisés destinés à un public non-initié et de faire en sorte que les projets utilisant l'hydrogène vert ou les bioénergies soient visibles dans la communauté, par exemple dans les transports en commun (autobus à l'hydrogène), édifices chauffés à l'hydrogène vert ou aux bioénergies, etc.

Recommandation 45

L'ÉE et le CITEQ recommandent de bénéficier des relations existantes que les acteurs actuels en énergie renouvelable ont avec les parties prenantes et les communautés autochtones (Nergica - Nunavik).

Recommandation 46

L'ÉE et le CITEQ recommandent de créer un programme de remplacement de génératrices au diésel dans les communautés isolées par des alternatives à faible émission de GES telles que des piles à combustible à l'hydrogène ou au méthanol renouvelable, et des cogénératrices alimentées au GNR et à l'hydrogène vert.

Recommandation 47

L'ÉE et le CITEQ recommandent de faciliter l'établissement de chaînes d'approvisionnement de l'hydrogène vert, ses dérivés et de biocarburants vers les communautés isolées, éliminant ainsi une des barrières importantes à la transition vers des énergies renouvelables dans ces communautés.

Glossaire

Hydrogène vert : Généralement reconnue comme de l'hydrogène produit avec une faible intensité carbone. Elle peut être produite par l'électrolyse de l'eau à partir de sources d'électricité renouvelables ou par gazéification de la biomasse. L'hydrogène vert se distingue ainsi de l'hydrogène produit à partir de combustibles fossiles avec captage de CO₂ (hydrogène bleu) ou sans captage de CO₂ (hydrogène gris).

Ammoniac : L'ammoniac (NH₃), est produit à partir de l'hydrogène (H₂) et de l'azote (N₂). À l'heure actuelle, l'ammoniac est presque exclusivement produit par le procédé Haber-Bosch et est très majoritairement utilisé pour la production de fertilisants. L'ammoniac produit à partir de de l'hydrogène vert est désigné comme de l'ammoniac vert.

Biocarburants : Ce sont des carburants de substitution obtenus à partir de la biomasse. On peut citer entre autres, le bioéthanol et le biodiésel qui sont des biocarburants, qu'on peut incorporer dans les carburants fossiles afin de réduire la consommation d'énergies fossiles.

Gaz naturel renouvelable (GNR) : C'est un gaz qui est obtenu grâce à un processus de biométhanisation, par exemple des déchets alimentaires avant de l'injecter dans le réseau gazier.

Biomasse : La biomasse représente l'ensemble des matières organiques, d'origine animale ou végétale, présentes dans un milieu terrestre ou aquatique donné, qui peuvent être utilisées pour la production d'énergie ou à d'autres fins, telles que la production d'isolants, d'engrais ou de matériaux.