

HYDROGÈNE ET BIOÉNERGIES : USAGES ET MIRAGES

Mémoire déposé dans le cadre de la consultation du Gouvernement du Québec sur l'hydrogène vert et les bioénergies

par



LE MOUVEMENT ÉCOCITOYEN UNEPLANÈTE



LE GROUPE DE RECOMMANDATIONS ET D' ACTIONS POUR UN MEILLEUR ENVIRONNEMENT



LE REGROUPEMENT VIGILANCE HYDROCARBURES QUÉBEC

Le 21 janvier 2022

Le [Mouvement écocitoyen UNEplanète](#) souhaite contribuer au virage radical qui s'impose pour atténuer la crise climatique et stopper l'épuisement des ressources de la terre. C'est de cette urgence qu'émerge notre regroupement. Nous y accueillons des groupes citoyens ainsi que des citoyennes et citoyens engagés qui désirent inscrire leur action dans un mouvement collectif.

Notre mission est de contribuer concrètement à freiner le plus rapidement possible le réchauffement climatique :

- en ralliant au Québec des groupes et des personnes climato-actifs;
- en soutenant un modèle de société ainsi que des gestes individuels et collectifs qui respectent les capacités de la planète;
- en incarnant dans l'espace public une voix citoyenne informée, concertée, solidaire et non partisane.

Le [Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement \(GRAME\)](#) oeuvre à la protection de l'environnement en tenant compte du long terme et des enjeux globaux, dont celui des changements climatiques. Nous orientons nos activités autour de trois pôles complémentaires :

- Intervention directe
- Éducation et sensibilisation
- Influence et recommandations

Mouvement de mobilisation citoyenne sans précédent dans l'histoire du Québec, le [Regroupement vigilance hydrocarbures Québec \(RVHQ\)](#) est né de la lutte contre l'extraction du gaz de schiste dans la vallée du Saint-Laurent. Des groupes d'opposition à l'exploitation des hydrocarbures en Gaspésie, à l'Île d'Anticosti et dans le golfe du Saint-Laurent ont par la suite grossi ses rangs, de même que des groupes préoccupés par le transit de pétrole de l'Ouest via le Québec par oléoducs, par trains et par navires.

Le RVHQ est aujourd'hui le plus important mouvement citoyen engagé dans le dossier des hydrocarbures au Québec. Il fédère un grand nombre de comités membres disséminés sur le territoire québécois, des Îles-de-la-Madeleine à l'est jusqu'à Gatineau à l'ouest, en passant par le Saguenay et l'Abitibi au nord.

Les comités membres du RVHQ luttent contre les projets de recherche, de production, de stockage et de transport des hydrocarbures et promeuvent l'affranchissement des énergies fossiles afin de protéger le climat, la biodiversité et les écosystèmes dont nous dépendons. Le RVHQ continue à accueillir de nouveaux comités qui se forment au fil des projets qui surgissent ici et là au Québec.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	3
1re partie : pourquoi une stratégie de descente énergétique devrait précéder une stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies	4
2e partie : pourquoi l'hydrogène est presque toujours une fausse bonne idée au Québec	5
3e partie : pourquoi il faut développer les bioénergies avec parcimonie	6
4e partie : réponses aux « questions à débattre »	8
Conclusion	14
Analyses techniques	15
Les lois implacables des transformations énergétiques	15
Une grave erreur stratégique : présumer que le cas du Québec est semblable au contexte international en ce qui concerne l'hydrogène	15
Scénario 1 - Utiliser l'hydrogène pour produire de l'électricité	16
Scénario 2 - Utiliser l'hydrogène en mélange avec le gaz naturel	17
Scénario 3 - Utiliser l'hydrogène dans le transport routier	18
Contre-exemple - Convertir des systèmes au gaz de bâtiments publics vers le chauffage électrique avec pompes à chaleur géothermiques	19

Introduction

Pour éviter la catastrophe climatique qui se dessine de plus en plus nettement à l'horizon, il est impérieux de réduire nos émissions de gaz à effet de serre, principalement en nous affranchissant des énergies fossiles. Le Québec a la chance de disposer de ressources hydroélectriques considérables et d'un potentiel éolien important, ce qui facilitera grandement la transition énergétique. Celle-ci exigera toutefois, pour l'atteinte de nos objectifs de carboneutralité, une diminution significative de notre consommation globale d'énergie. Dans sa [Feuille de route pour la transition du Québec vers la carboneutralité](#), le Front commun pour la transition énergétique préconise de prioriser d'abord et avant tout la sobriété et l'efficacité énergétique afin de réduire de moitié notre consommation globale d'énergie. Nous adhérons à cet objectif qui nous semble incontournable : aucun système énergétique ne peut à la fois être écoresponsable et soutenir un dépassement constant et croissant des limites biophysiques de la planète.

En second lieu, la *Feuille de route* préconise d'électrifier les transports mais aussi la totalité des systèmes de chauffage ainsi que tous les procédés industriels convertibles. Tout ne pouvant pas être électrifié, pour des raisons techniques et/ou économiques, les bioénergies pourront être mises à contribution pour répondre à certains besoins; elles joueront toutefois un rôle mineur dans le mix énergétique.

Quant à l'hydrogène, il importe d'entrée de jeu de préciser qu'il ne s'agit pas à proprement parler d'une source d'énergie, puisque sur Terre il n'existe pratiquement pas à l'état pur; il doit donc être produit, à partir de méthane (hydrogène gris ou bleu) ou par électrolyse de l'eau (hydrogène vert). On peut donc le considérer plutôt comme un mode de transport ou de stockage de l'énergie. Le document de consultation du Gouvernement du Québec propose plusieurs modalités d'application de l'hydrogène. Or, dans le contexte québécois, aucune application d'hydrogène thermique n'est justifiée : par rapport à la situation actuelle, toutes ces applications causent une hausse nette des émissions de GES. L'hydrogène vert produit localement pour réaliser des procédés industriels spécifiques peut toutefois être envisagé lorsqu'il représente la seule option de rechange aux hydrocarbures.

En résumé, pour atteindre nos objectifs de réduction d'émissions de GES, il faut choisir les options assurant que le système énergétique québécois sera décarboné avant 2050 et aura grandement diminué ses émissions de GES d'ici 2030. Il faut éviter celles qui nous verrouilleront dans l'utilisation d'énergies fossiles. Pour cela, les leviers financiers, fiscaux et réglementaires du Québec doivent servir en priorité, dans l'ordre, à assurer :

1. la descente énergétique, rendue possible par la sobriété énergétique (diminution de la demande d'énergie et diminution de la production/du transport/de la consommation de biens et services énergivores) et l'efficacité énergétique (consommation d'énergie minimisée pour un service rendu);
2. l'électrification des transports, de la totalité des systèmes de chauffage et de tous les procédés industriels pouvant l'être, en privilégiant les technologies qui exercent le moins de pression sur le réseau hydroélectrique, telles que les pompes à chaleur géothermiques;
3. le développement local d'autres sources d'énergie renouvelable et solutions de stockage pour combler les besoins résiduels dans le respect des limites biophysiques des écosystèmes.

Dans cette perspective, la présente réflexion sur l'utilisation de l'hydrogène et des bioénergies nous apparaît importante et nous remercions le Gouvernement québécois de nous offrir l'occasion d'y participer. Nous déplorons toutefois que cette démarche précède la réflexion sur la descente énergétique qui devrait être la première étape de l'élaboration d'une politique globale de décarbonation du système énergétique québécois. Nous encourageons le Gouvernement du Québec à lancer un tel exercice dans les meilleurs délais.

1^{re} partie : pourquoi une stratégie de descente énergétique devrait précéder une stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies

Dans la mesure où la décarbonation est un enjeu sociétal d'une extrême importance, où il importe de maximiser l'impact des fonds publics investis dans la décarbonation et où ces fonds ne sont pas illimités, la production et la distribution d'hydrogène vert et de bioénergies doivent trouver leur juste place dans une politique globale assurant que le système énergétique québécois sera décarboné avant 2050 et aura atteint sa cible de réduction des émissions de GES en 2030 - et ce, dans le respect des écosystèmes et au coût le plus optimal possible.

Par conséquent, nos efforts doivent être axés en premier lieu sur la réduction de la demande énergétique. En effet, selon les modélisations effectuées par Dunsky Énergie + Climat pour le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements

climatiques¹, sur la base d'hypothèses de baisse de demande que nous estimons conservatrices, « En agissant sur ces leviers (nos façons de consommer, de se déplacer, de construire nos villes ou de nous alimenter), et avant même de s'attaquer aux changements technologiques, les émissions de GES seront réduites d'emblée de 20 % en 2050 par rapport au scénario de référence. » De plus, « la réduction des demandes permettra non seulement de diminuer le coût de la transition vers les technologies sobres en carbone, mais également le risque de manquer nos objectifs si l'on se repose uniquement sur les technologies. Elles ont par ailleurs un impact positif important sur le bilan énergétique en diminuant l'électricité additionnelle requise pour effectuer la transition. » Enfin, « certaines technologies en développement ou en processus d'homologation pourraient ne pas se matérialiser tel que prévu, mettant à risque certaines réductions d'émissions de GES.» Pour Dunsky, « Cela souligne également l'importance des efforts visant à réduire les demandes énergétiques en premier lieu. »

RECOMMANDATION

Que le gouvernement du Québec lance dans les meilleurs délais une réflexion sur la descente énergétique en tant que première étape de l'élaboration d'une politique globale de décarbonation du système énergétique québécois et détermine par la suite la juste place de l'hydrogène vert et des bioénergies dans ce système en tenant compte de leur contribution potentielle à la décarbonation, de leurs impacts écologiques et de leurs coûts.

2^e partie : pourquoi l'hydrogène est presque toujours une fausse bonne idée au Québec

Pour produire de l'hydrogène vert, il faut utiliser de l'électricité propre qui, par le processus d'électrolyse de l'eau, permet d'extraire l'hydrogène de l'eau (H₂O). Dans tous les cas, l'énergie dépensée pour produire l'hydrogène est beaucoup plus grande que l'énergie contenue dans l'hydrogène. Par exemple, il faut dépenser 3 kWh d'énergie éolienne (produits par vent fort) pour livrer 1 kWh via l'hydrogène, dans une période de faible vent.² Une grande perte d'efficacité existera toujours, peu importe l'amélioration des technologies.

¹ Dunsky Énergie + Climat, rapport [Trajectoires de réduction d'émissions de GES du Québec – Horizons 2030 et 2050, mise à jour 2021](#) préparé pour le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)

² Voir la section « Analyses techniques » à la fin de ce document.

Le document de consultation du gouvernement du Québec se fonde sur les prédictions d'une institution internationale, l'Agence Internationale de l'énergie, qui affirme que la production mondiale d'hydrogène devrait être multipliée par cinq d'ici 2050. Cette prédiction est peut-être plausible pour les pays dont le système énergétique deviendra très dépendant des énergies intermittentes (éolienne et solaire) au terme de sa décarbonation. Néanmoins, elle ne s'applique pas à la situation québécoise en raison de nos abondantes ressources en hydroélectricité.

Ainsi, on réduirait davantage les émissions de GES en exportant les kWh disponibles plutôt qu'en les utilisant pour produire de l'hydrogène qui serait utilisé pour le transport routier, ajouté en mélange au gaz naturel ou qui servirait à reproduire de l'électricité.³ Si on tient à exclure des calculs les GES émis ou évités à l'extérieur du Québec, les kWh d'hydroélectricité disponibles doivent cibler en priorité l'abandon des énergies fossiles au Québec par l'électrification des véhicules et le chauffage des espaces avec des pompes à chaleur géothermiques. Ces options permettent des réductions de GES beaucoup plus importantes que la production et l'usage d'hydrogène.

RECOMMANDATION

Que la stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies permette le développement de la filière hydrogène vert seulement dans les cas où ce combustible peut être produit à proximité du lieu de consommation et est la seule option de rechange aux hydrocarbures pour réaliser des procédés industriels spécifiques.

3^e partie : pourquoi il faut développer les bioénergies avec parcimonie

Il faut demeurer prudent lors de l'estimation du potentiel des bioénergies. L'énergie disponible au Québec provenant de la biomasse (toutes sources confondues) représente actuellement 165 pétajoules / an, soit 7 % de l'énergie totale.⁴

³ On trouvera dans la section « Analyses techniques » de ce document le détail des calculs menant à cette conclusion, ainsi qu'un contre-exemple illustrant qu'il existe des manières beaucoup plus efficaces d'utiliser les kWh d'électricité disponibles au Québec.

⁴ HEC Montréal, [État de l'Énergie au Québec - Édition 2021](#) (PDF)

Selon une étude de WSP Canada inc. réalisée pour le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec⁵, le potentiel technique de la biomasse est évalué pour 2020 à 326 pétajoules / an et à 333 pétajoules / an pour 2030. Donc, l'énergie disponible provenant de la biomasse (toutes sources confondues) pourrait au mieux doubler d'ici 2030. Il faut toutefois souligner que le potentiel économique est normalement inférieur au potentiel technique.

De plus, cette étude ne tient pas compte des impacts sur les écosystèmes. Les sols, qu'ils soient forestiers ou agricoles, ont besoin de la décomposition d'une bonne partie de la masse des plantes et des arbres morts pour demeurer en santé et assurer la pérennité des organismes végétaux et animaux qui en dépendent. La décomposition permet de faire vivre une grande quantité de micro-organismes nécessaires à la santé des sols. Dans les forêts boréales, qu'on rencontre dans une très grande partie du territoire québécois, le sol est généralement peu fertile⁶. Des études sérieuses doivent être faites pour déterminer quelles quantités de matières organiques peuvent être utilisées sans dégrader les milieux d'où elles sont extraites et sans compromettre la vie des espèces qui en dépendent.

On parle beaucoup ces temps-ci d'économie circulaire. Le meilleur exemple de ce principe se trouve dans une forêt vierge, dont les déchets se décomposent et nourrissent les plantes qui germent, poussent et se relèvent dans une suite quasiment infinie. Perturber sans discernement l'équilibre de ce cycle risque fort de causer des dommages irréremédiables.

RECOMMANDATION

Que la stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies permette le développement de la filière des bioénergies seulement dans les cas où ce combustible peut être produit localement, dans le respect des limites biophysiques des écosystèmes, en préservant les milieux naturels et la biodiversité, sans concurrencer la production alimentaire ni des usages plus optimaux de la biomasse.

⁵ WSP Canada inc, [Inventaire de la biomasse disponible pour produire de la bioénergie et portrait de la production de la bioénergie sur le territoire québécois](#), 2021

⁶ [Le biome de la forêt boréale](#)

4^e partie : réponses aux « questions à débattre »

Vision, principes directeurs et axes d'intervention

1. Comment amélioreriez-vous l'énoncé de vision et des principes directeurs proposés?

MODIFICATIONS PROPOSÉES

Premier principe directeur

Dans le secteur électrique, la production d'hydrogène serait un gaspillage de kWh. En transport, l'hydrogène n'est pas une option complémentaire; il est en compétition avec l'usage direct de l'électricité. Par conséquent, nous proposons de modifier le premier principe directeur de la manière suivante :

« Compléter la sobriété énergétique, l'efficacité énergétique et 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 »

AJOUTS PROPOSÉS

Nous proposons d'ajouter les éléments suivantes :

« Affecter en priorité le financement disponible pour la transition énergétique à la sobriété et à l'efficacité énergétique, et non à la production de combustibles de substitution »

« Prioriser l'utilisation directe de l'électricité partout où c'est possible »

Les bioénergies et l'hydrogène doivent être utilisés comme énergies de substitution lorsque cela est rentable et qu'il n'y a pas d'autres options possibles. Il importe de toujours choisir l'utilisation optimale de l'électricité dans le but d'atteindre nos objectifs de réduction de GES et de carboneutralité. Dans tous les cas, il est nécessaire d'évaluer le taux de retour énergétique sur l'ensemble du cycle de vie des systèmes envisagés, la diminution possible des GES émis et l'acceptabilité sociale des projets.

« Utiliser exclusivement l'hydrogène vert et les bioénergies produits localement comme énergie de substitution pour répondre à des besoins spécifiques »

La production et la distribution d'hydrogène et de bioénergies ne doivent pas servir de prétexte pour maintenir la distribution de gaz fossile. Elles doivent donc s'accompagner de plafonds décroissants de distribution de gaz pour arriver à terme à l'abandon de ce dernier.

« Soutenir le développement de la filière bioénergies seulement dans les cas où ce combustible peut être produit dans le respect des limites biophysiques des écosystèmes, en préservant les milieux naturels et la biodiversité, sans concurrencer la production alimentaire ni des usages plus optimaux de la biomasse »

2. Comment amélioreriez-vous les axes d'intervention et les objectifs proposés?

AXE 1

Nous proposons de reformuler ainsi l'objectif 1 : **« Développer les infrastructures de production et de distribution à proximité des lieux de consommation »**

Ajouter un alinéa à l'objectif 1 :

« Assurer que les initiatives présentent une analyse de cycle de vie avantageuse au niveau de la réduction des GES »

Modifier l'objectif 2 : **« Utiliser l'hydrogène vert et des bioénergies là où il n'y a pas d'autre solution de substitution aux énergies fossiles (baisse de la demande et/ou électrification) »**

Modifier l'alinéa 1 de l'objectif 2 : **« Adopter des leviers économiques, fiscaux et réglementaires pour le déploiement des filières là où il n'y a pas d'autre solution de substitution aux énergies fossiles (baisse de la demande ou électrification) »**

AXE 3

Modifier l'objectif 6 : **« Favoriser l'adhésion des communautés locales et autochtones aux choix relatifs aux filières »**

Modifier l'alinéa 1 de l'objectif 6 : **« Informer la population sur les filières et leur rôle dans l'ensemble des stratégies de lutte contre les changements climatiques »**

Modifier l'alinéa 2 de l'objectif 6 : **« Favoriser la participation des parties prenantes et des communautés autochtones aux choix relatifs aux filières »**

Ajouter un alinéa à l'Axe 3, Objectif 6 : **« Assurer le respect des principes de la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones »**

3. Quels devraient être selon vous les résultats clés de la stratégie?

Démontrer l'alignement de la stratégie avec les objectifs de carboneutralité en précisant la juste place de l'hydrogène vert et des bioénergies dans une politique globale assurant que le système énergétique québécois sera décarboné avant 2050 et aura atteint sa cible de réduction des émissions de GES en 2030 -- et ce, dans le respect des écosystèmes, sans concurrencer la production alimentaire ni des usages plus optimaux de la biomasse, et au meilleur coût possible.

Sur la base de ces paramètres, déterminer des objectifs appropriés et réalistes d'augmentation de la production d'hydrogène et de bioénergies (p. ex. en %).

Réduire les émissions de gaz à effet de serre

1 et 2. 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/à l'objectif de carboneutralité à l'horizon 2050?

Tel que mentionné précédemment, nous estimons que la contribution potentielle de l'hydrogène vert et des bioénergies à la cible de réduction des GES à l'horizon 2030 et à l'objectif de carboneutralité à l'horizon 2050 est beaucoup plus faible que celles de la sobriété et de l'efficacité énergétique qui, en outre, coûtent moins cher, diminuent le risque de rater nos cibles et libèrent des kWh requis pour la transition. Nous estimons qu'elle est également beaucoup plus faible que la contribution de l'électrification directe à l'évitement de GES.

3. De quels autres avantages pour l'environnement devrait-on tenir compte dans l'élaboration de la stratégie?

Le recours à l'hydrogène et aux bioénergies doit être balisé de manière à ce que ces filières ne contribuent pas à la dégradation de notre environnement.

Ainsi, l'abandon des énergies fossiles améliorera la qualité de l'air. Par contre, la combustion des bioénergies pourrait augmenter le niveau de particules dans l'air; il faut donc être prudent dans le choix de celles-ci et dans leurs techniques d'utilisation.

Il est de plus essentiel de protéger nos milieux naturels et la biodiversité. Toute stratégie doit chercher à minimiser l'empreinte écologique des choix énergétiques. Par exemple, il doit être hors de question de construire de nouveaux barrages pour produire de l'hydrogène vert, tout comme d'utiliser la biomasse forestière primaire pour produire de l'énergie.

Finalement, les terres arables constituent une richesse irremplaçable. Rappelons que même si le territoire québécois est très vaste, seulement 2 % de sa superficie se prête à l'agriculture⁷; il importe de préserver ces sols et de dédier leurs fruits à nourrir notre population et non pas à faire rouler des véhicules.

Stimuler le développement économique

1. Quel rôle l'hydrogène vert et les bioénergies pourraient-ils jouer dans les diverses régions et les divers secteurs économiques?

Attention, notre priorité doit être d'éviter la catastrophe climatique! S'il y a des « occasions d'affaires », tant mieux, mais ce n'est pas ce que nous devons chercher en premier.

2. Quels seraient les besoins, par exemple en formation de la main-d'œuvre, pour stimuler l'économie partout au Québec?

Lorsque de nouvelles technologies seront mises en place, la main d'oeuvre devra être formée en conséquence, par exemple pour l'installation et l'entretien d'électrolyseurs. Dans une perspective de transition juste, il est essentiel de prévoir la formation et la requalification des travailleurs et travailleuses qui verront leur emploi disparaître en raison de l'abandon graduel des énergies fossiles. La production locale d'hydrogène vert et de bioénergies devant être privilégiée, les programmes de formation et de requalification devront être accessibles aux personnes touchées dans toutes les régions concernées au Québec et non uniquement dans les grands centres.

Promotion à l'international

1. Que pensez-vous des occasions d'affaires que l'hydrogène vert et les bioénergies pourraient apporter dans la promotion du Québec à l'international?

Il nous apparaît y avoir un plus grand intérêt à exporter nos connaissances et notre savoir-faire pour soutenir la transition énergétique ailleurs dans le monde que de se lancer dans l'exportation d'hydrogène ou de bioénergies. En effet, dans l'optique de l'abandon des énergies fossiles, la très grande majorité de notre potentiel de production d'énergie renouvelable serait utilisée ici; comme mentionné précédemment, il n'est pas envisageable de lancer de nouveaux projets de construction de grands barrages, pas

⁷ [L'agriculture en chiffres. UPA](#)

plus qu'il n'est réaliste de couvrir notre territoire d'éoliennes. Il faut noter que dans la mesure où la production d'hydrogène vert et de bioénergies peut s'avérer encore plus difficile et coûteuse ailleurs dans le monde, comparativement au Québec, notre savoir-faire en sobriété et en efficacité énergétique pourrait être plus attrayant, pour les marchés étrangers, que notre savoir-faire en production d'hydrogène vert et de bioénergies.

Par ailleurs, le Québec a la possibilité de devenir un modèle de transition énergétique sur la scène internationale. Dans un contexte prévisible de resserrement de la réglementation sur les normes d'émissions un peu partout dans le monde, cela pourrait accroître l'attrait de nos produits, qui auraient une empreinte carbone réduite.

Des mesures concrètes pour passer à l'action

1. Où et quand cela convient-il d'utiliser l'hydrogène vert et les bioénergies?

- L'hydrogène vert et les bioénergies ne devraient être utilisés qu'en remplacement des hydrocarbures pour des usages spécifiques qui ne peuvent être électrifiés, comme certains procédés industriels, et sur la base d'analyses démontrant que ces solutions demeurent essentielles après avoir épuisé les possibilités de baisse de la demande.
- Le développement de l'hydrogène ne doit pas concurrencer l'électrification directe dans les secteurs où elle est possible. De façon générale, la production d'hydrogène à partir d'électricité est peu intéressante dans un contexte d'optimisation économique en raison de l'inefficacité énergétique de ce procédé, sauf lorsque de l'électricité excédentaire à faible coût est disponible, ce qui est et sera dans le futur rarement le cas au Québec. À titre d'exemple, l'électrification des véhicules et le chauffage avec des pompes à chaleur géothermiques permettent des réductions de GES trois fois plus grandes que la production et l'usage d'hydrogène.
- La production d'hydrogène est très énergivore. Dans un contexte où nous devons électrifier une grande partie de notre économie, produire de l'hydrogène à partir de notre hydroélectricité doit être fait avec parcimonie. Nous devons nous demander quel est l'usage le plus judicieux pour chaque kWh propre produit dans la mesure où notre capacité de production d'électricité n'est pas infinie. Cet exercice doit être mené dans les perspectives combinées de décarbonation et de descente énergétique.

- Dans les critères de sélection des usages, on doit s'interroger sur l'avenir de certaines productions. Il ne sert à rien de convertir des procédés qui sont appelés à disparaître à court ou moyen terme (par exemple les raffineries de pétrole).
- Il faut privilégier l'usage intérieur plutôt qu'international. Si nous voulons exporter, que ce soit le savoir-faire qui aura été développé ici plutôt que l'hydrogène en soi.

Il faut aussi souligner que la nature de l'hydrogène (il s'agit du plus petit élément chimique) soulève des défis au niveau de son stockage et de son transport, entre autres un taux de fuite non négligeable.

De plus, l'hydrogène est hautement inflammable. Les risques d'explosion sont très élevés notamment lors de son transport. Pour limiter ce dernier et les risques inhérents, il faut donc que les sources de production soient le plus proche possible des sources de consommation.

Finalement, l'Association canadienne des pipelines en énergie voit en l'hydrogène un débouché pour son réseau de gazoducs⁸. Elle veut mettre en place des projets pilotes de mélange d'hydrogène avec du gaz naturel, mais au-delà d'une proportion de 15 à 20% d'hydrogène, cela endommage les canalisations⁹, il faudrait donc refaire le réseau de gazoducs et/ou développer un réseau spécifique d'hydrogènoducs. Cela risque d'engendrer une production centralisée, avec le développement d'un grand réseau qui accentuerait les risques d'explosion lors du transport.

2. 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?

2.1 Quelles utilisations offrent le meilleur potentiel de réduction des coûts?

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

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

Une vision globale de la transition énergétique et une planification intégrée de l'utilisation des ressources. La stratégie doit avant tout être conçue dans une perspective de descente énergétique globale et d'atteinte de la carboneutralité.

⁸ [Aujourd'hui décriés, les pipelines pourraient être essentiels à une économie verte | Radio-Canada 8 février 2021](#)

⁹ Idem

Conclusion

Il est toujours hasardeux de tenter de prédire l'avenir. Une chose nous apparaît toutefois certaine : les prochaines décennies amèneront des changements profonds à notre monde. Bien que notre latitude à cet égard s'amenuise rapidement, il nous est encore possible d'influencer la nature de ces changements. Un « maintien des affaires », qui prolongerait l'utilisation des combustibles fossiles, ne pourra qu'exacerber le réchauffement climatique, avec de très graves conséquences sur notre société. Par contre, il est encore possible de limiter celui-ci à un niveau tolérable en s'engageant immédiatement dans une véritable transition énergétique. Le Québec a la chance de disposer de ressources hydroélectriques rendant possible cette transition. Nous n'avons toutefois pas le loisir de nous égarer dans de mauvaises voies. Nous devons nous affranchir rapidement des énergies fossiles, procéder à une électrification massive et réduire de moitié notre consommation énergétique globale. À la marge, des options comme l'utilisation de l'hydrogène vert et des bioénergies combleront certains besoins spécifiques; mais celles-ci doivent s'insérer au bon endroit et à la bonne échelle dans une stratégie globale. La seule poursuite d'occasions d'affaires ou de rayonnement international risque fort de compromettre l'atteinte de nos objectifs, et il s'agit d'un risque que nous ne pouvons pas nous permettre de prendre.

Analyses techniques

Les lois implacables des transformations énergétiques

Rappelons d'abord que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie, mais un moyen de stocker de l'énergie. Il n'existe nulle part sur notre planète de gisement significatif d'hydrogène.

Pour produire de l'hydrogène vert, il faut utiliser de l'électricité propre qui, par le processus d'électrolyse de l'eau, permet d'extraire l'hydrogène de l'eau (H₂O). Dans tous les cas, il faut comprendre que l'énergie dépensée pour produire l'hydrogène est beaucoup plus grande que l'énergie contenue dans l'hydrogène. Une grande perte d'efficacité existera toujours, peu importe l'amélioration des technologies.

Voici un exemple de cette perte d'efficacité : production d'hydrogène avec de l'énergie éolienne (en période de grand vent), stockage d'hydrogène, combustion de l'hydrogène dans une turbine à gaz pour produire de l'électricité lorsque le vent est faible :

- Électrolyse efficace à 70 %
- Compression de l'hydrogène pour le stocker (pertes d'environ 4 à 5 %)
- Combustion de l'hydrogène dans une turbine efficace à 50 %.

Cela signifie que 3 kWh d'énergie éolienne (produits par vent fort) doivent être dépensés pour ensuite livrer 1 kWh dans une période de faible vent.

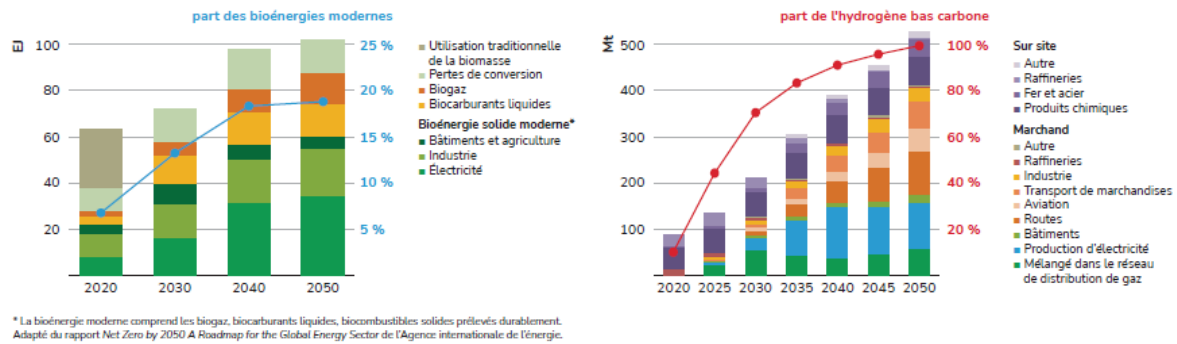
Une grave erreur stratégique : présumer que le cas du Québec est semblable au contexte international en ce qui concerne l'hydrogène

Le document de consultation du gouvernement du Québec se fonde sur les prédictions d'une institution internationale, l'Agence Internationale de l'énergie, pour estimer des besoins futurs en hydrogène vert au Québec.

Dans son rapport *Net Zero by 2050 : A Roadmap for the Global Energy Sector* (2021), l'Agence internationale de l'énergie (AIE) propose un scénario visant de fortes réductions des GES à l'échelle mondiale. Selon ses estimations, l'AIE affirme que la production mondiale d'hydrogène devrait être multipliée par cinq d'ici 2050. Nous pouvons démontrer que cette prédiction ne s'applique pas à la situation québécoise.

Figure 6 du document de consultation du gouvernement du Québec¹⁰

Figure 6 : Croissance anticipée de la demande en hydrogène et en bioénergies dans l'atteinte de la carboneutralité du secteur énergétique mondial d'ici à 2050



En examinant la figure 6 du document de consultation, provenant du rapport de l'AIE, on peut identifier les trois plus importants scénarios d'augmentation de l'utilisation de l'hydrogène, à l'échelle internationale.

Scénario 1 - Utiliser l'hydrogène pour produire de l'électricité;

Scénario 2 - Utiliser l'hydrogène en mélange avec le gaz naturel;

Scénario 3 - Utiliser l'hydrogène dans le transport routier.

Analysons maintenant ces options dans le contexte québécois.

Scénario 1 - Utiliser l'hydrogène pour produire de l'électricité

Le scénario 2050 proposé par l'AIE prévoit que la contribution des énergies renouvelables intermittentes (éoliennes et solaires) se déclinera de la manière suivante à l'échelle mondiale :

- Entre 2020 et 2050, les sources intermittentes connaissent une croissance de 300 % (p.39).
- En moyenne, en 2050, elles représenteraient 50 % de la production d'électricité. Dans certains pays industrialisés, les sources intermittentes représenteraient 70 % de la production d'électricité.

¹⁰ Ministère de l'énergie et des Ressources naturelles du Québec, [Vers une stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies 2030 - Document de consultation](#), 2021

Avec une aussi forte proportion d'énergies intermittentes, on peut comprendre la nécessité de prévoir des moyens de stockage de l'énergie, pour pallier aux périodes de faible vent ou de faible ensoleillement. La méthode de stockage préconisée est souvent la production d'hydrogène, décrite précédemment. Rappelons que 3 kWh d'énergie éolienne (produits par vent fort) sont dépensés pour ensuite livrer 1 kWh dans une période de faible vent.

Dans le contexte québécois, où 95 % de l'électricité est hydroélectrique, implanter une telle pratique serait contre-productif. Même dans un scénario de grand développement de l'énergie éolienne au Québec, l'hydroélectricité pourra facilement compenser les fluctuations de la production éolienne. Stocker de l'eau dans un réservoir pour produire en période de faible vent est efficace à presque 100 %.

De plus, pour justifier l'usage de l'hydrogène, l'AIE promet une forte baisse des coûts de l'éolien. Cette promesse est douteuse, quand on constate que les métaux requis sont déjà en pénurie, avec de fortes hausses des coûts. De toute façon, cet enjeu est non pertinent pour le Québec, qui bénéficie d'une grande production hydroélectrique, déjà installée.

Scénario 2 - Utiliser l'hydrogène en mélange avec le gaz naturel

Calculons l'impact de consacrer 1 TWh à la production d'hydrogène (H₂), pour l'introduire dans le réseau de gaz.

Il faut tenir compte de plusieurs étapes : livraison d'électricité à l'usine d'électrolyse (perte de 4 %), électrolyse à 70 % d'efficacité (perte de 30 %), compression de l'H₂ avant de l'introduire dans le réseau (perte de 4 %). L'H₂ est beaucoup plus susceptible d'émissions fugitives que le méthane, donc pertes de 5 % de l'hydrogène. Chaque TWh d'électricité livre donc un équivalent de 0,61 TWh d'hydrogène.

Le gaz naturel remplacé était probablement utilisé dans une application industrielle ou de chauffage, avec une efficacité de 80 % (facteur d'émission en GJ, converti en équivalent électrique = 306 000 t/TWh)

Par TWh, l'option hydrogène permet une réduction de GES de **187 000 tonnes de CO₂eq.**

Mais le TWh ne peut plus être exporté alors que chaque TWh exporté permet une baisse des émissions de GES de 460 000 tonnes de CO₂eq¹¹. Par rapport à la situation actuelle, il y a donc hausse relative sérieuse des émissions de GES, soit 273 000 tonnes CO₂eq.

Scénario 3 - Utiliser l'hydrogène dans le transport routier

a) Calculons l'impact de consacrer 1 TWh aux véhicules électriques à batteries.

Il y a plusieurs étapes : livraison d'électricité incluant le réseau de distribution (perte de 8 %), cycle de charge/décharge des batteries (pertes de 10 %), moteur électrique efficace à 100 % mais pertes dans les roulements de 20 %. Efficacité globale de 70 %. (*Consumer Reports* déclare une efficacité plus faible pour les tests routiers de la Chevrolet Bolt). Chaque TWh d'électricité livre donc 0,66 TWh aux déplacements des véhicules.

Le pétrole a un facteur d'émissions 40 % plus élevé que le gaz et est utilisé à une efficacité très faible (25 %). Converti en termes électriques, le facteur d'émission des véhicules est d'environ 1 000 000 t CO₂ /TWh.

Avec l'option véhicule électrique, chaque TWh permet une réduction de GES de **660 000 tonnes de CO₂eq**. Mais les véhicules électriques ne sont pas à zéro-émission, puisqu'il faut tenir compte de l'électricité qui n'est plus exportée¹², augmentant les

¹¹ Lorsque les conditions de marché sont favorables, HQ exporte ses surplus vers les États-Unis. Dans la grande majorité des cas, ces exportations remplacent de l'électricité produite par des centrales au gaz naturel. À cause de l'ordonnancement des centrales, l'électricité du Québec ne remplace pratiquement jamais l'énergie nucléaire ou éolienne. Dans certains cas, elle peut remplacer du mazout ou du charbon. Pour définir le bilan des émissions, nous prendrons le cas le plus courant, celui des centrales au gaz.

Les émissions de cycle de vie des centrales au gaz font consensus : émissions médianes de 490 g CO₂eq. /kWh# et marge de 403 à 513 g CO₂eq. /kWh. L'évaluation basse de 403 g porte sur une centrale à cycle combiné très moderne, efficace à 60 %. Nous utiliserons la donnée plus typique, soit 490 g CO₂eq. /kWh pour une centrale dont l'efficacité est de 50 %.

Nous utilisons comme paramètres de calcul : pertes dans les lignes de transport de haute et moyenne tension de 6 % (moyenne de 8 % pour le transport et la distribution au Québec pour le Québec); efficacité moyenne des centrales 50 %, avec facteur d'émission de 490 000 t CO₂eq./TWh.

Pour chaque TWh produit, 0,94 TWh est livré. Chaque TWh exporté permet une baisse des émissions de GES de 460 000 tonnes de CO₂eq.

¹² Voir la base de calcul dans la note précédente.

émissions du secteur électrique de 460 000 tonnes. Environ 70 % du gain est donc perdu, mais il s'agit d'une meilleure option que les exportations.

b) Calculons l'impact de consacrer 1 TWh à des véhicules à hydrogène, avec pile à combustible.

Il y a plusieurs étapes : livraison d'électricité à l'usine d'électrolyse (perte de 4 %); électrolyse à 70 % d'efficacité; compression de l'H₂ avant de l'introduire dans le réseau de distribution vers les stations-service (perte de 5 %); H₂ consommé dans la pile à combustible efficace à 60 %; pertes dans les roulements de 20 %. L'H₂ est très susceptible d'émissions fugitives, donc pertes de 5 % de l'hydrogène. Chaque TWh d'électricité livre donc un équivalent de 0,29 TWh au déplacement des véhicules.

Le pétrole a un facteur d'émissions 40 % plus élevé que le gaz et est utilisé à une efficacité très faible (25 %). Converti en termes électriques, le facteur d'émission des véhicules est d'environ 1 000 000 t CO₂ /TWh.

Avec l'option véhicule à hydrogène, chaque TWh permet une réduction de GES de **290 000 tonnes de CO₂eq**. Mais il faut tenir compte de l'électricité qui n'est plus exportée, augmentant les émissions du secteur électrique de 460 000 tonnes. **Les véhicules à hydrogène augmentent donc les émissions nettes de GES.**

Contre-exemple - Convertir des systèmes au gaz de bâtiments publics vers le chauffage électrique avec pompes à chaleur géothermiques

Calculons l'impact de consacrer 1 TWh à un programme de conversion des systèmes au gaz de bâtiments publics vers le chauffage électrique avec pompes à chaleur géothermiques.

Nous proposons de viser d'abord les bâtiments publics (ex. écoles, hôpitaux...) parce que ces grands consommateurs justifient les coûts des systèmes et comportent des espaces pour le réseau géothermique (ex. cours d'école ou stationnements).

Le chauffage avec pompes géothermiques est théoriquement efficace à 350 %. Pour faire une évaluation prudente, nous présumons que la géothermie est efficace à 300 %. Avec des pertes dans les réseaux électriques de 8 %, chaque TWh d'électricité livre donc 2,76 TWh de chauffage.

L'efficacité des unités de chauffage au gaz est de l'ordre de 80 %. Il faut aussi tenir compte du cycle de vie : extraction, pompage du gaz, émissions fugitives. Nous prenons donc un équivalent en efficacité de 70 %, avec des émissions de 350 000 t CO₂ /TWh.

Pour l'option chauffage avec pompes géothermiques, chaque TWh permet une réduction de GES de **966 000 tonnes de CO₂eq. Il s'agit de l'option la plus performante.** À cause de l'investissement initial requis (assez élevé), c'est une option qui ne s'impose pas spontanément et qui exige un programme gouvernemental.