

# Faisabilité technique de la décarbonation du propane au Canada

En collaboration :

**Association Canadienne du propane**

**Christopher Bataille**

[cbataill@gmail.com](mailto:cbataill@gmail.com)

604.863.1259

**Seton Stiebert, ing.**

13 février 2024

### Table des matières

Glossaire .....	2
Résumé .....	3
1 Introduction et objectifs .....	6
2 La chaîne d’approvisionnement en propane du Canada .....	8
3 Émissions sur l’ensemble du cycle de vie du propane classique et du propane renouvelable .....	9
4 Voies de production du propane renouvelable .....	11
4.1 Principales voies de production du propane renouvelable .....	11
5 Analyse du marché et des obstacles.....	15
6 Conclusions .....	18
6.1 Principaux enseignements à tirer de la présente étude.....	18
6.2 Pourquoi le propane renouvelable doit faire partie du futur bouquet énergétique du Canada.....	20
7 Recommandations visant à accélérer la décarbonation du propane.....	22
7.1 Recommandation visant à soutenir la production de propane renouvelable au Canada.....	22
7.2 Recommandations visant à développer des marchés de choix verts pour le propane renouvelable.....	24
7.3 Recommandations visant à rationaliser le cadre réglementaire à l’appui du propane renouvelable.....	25
ANNEXE A. La chaîne d’approvisionnement en propane canadien.....	26
A.1 Production et utilisation du propane.....	26
A.2 Le propane – Chaîne d’approvisionnement et demande .....	28
A.3 État de la conformité du propane à la réglementation .....	30
Annexe B. Émissions sur l’ensemble du cycle de vie des options de rechange au propane classique et au propane renouvelable.....	32
Annexe C. Voies de production de propane renouvelable.....	37
Annexe D. Avantages potentiels de l’adoption du propane comme combustible/carburant .....	47

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

### Glossaire

**ACP** – Association canadienne du propane

**bio-DME** – bio-diméthyle éther

**éq. CO<sub>2</sub>** – équivalent CO<sub>2</sub>

**GES** – gaz à effet de serre

**GPL** – gaz de pétrole liquéfié

**HVO** – huile végétale hydrotraitée

**IC** – intensité en carbone (syn. intensité carbonique)

**LGN** – liquide(s) de gaz naturel

**LOHC** – liquide organique porteur d'hydrogène

**MJ** – mégajoule

**MTG** – [technologie de conversion du] méthanol en essence

**NMT** – niveau de maturité technologique

**PCS** – pouvoir calorifique supérieur

**RCP** – Règlement sur les combustibles propres

**RFS** – Renewable Fuel Standard (norme des États-Unis)

**RIN** – numéro d'identification de carburant renouvelable

**SAF** – carburant aviation durable

**TJ** - térajoule

### Résumé

Ce rapport a pour objet de présenter le cheminement du secteur canadien du propane vers la carboneutralité d'ici à 2050. Cela implique la production au Canada d'un propane dont l'intensité des émissions sur l'ensemble du cycle de vie est proche de zéro, tout en maintenant son statut comme source d'énergie très appréciée non seulement quant aux incidences sur l'environnement, mais aussi en termes d'abordabilité, de polyvalence et de fiabilité.

Pour que le propane soit une option énergétique de choix en 2050, il faudra produire de grandes quantités de propane renouvelable ou d'autres biocarburants pouvant y être mélangés, comme le bio-diméthyle éther (bio-DME). **Nous examinons ici comment le propane renouvelable peut être produit à grande échelle au Canada.**

Sur l'ensemble de son cycle de vie, y compris la production et les émissions directes, le propane classique (dérivé de combustibles fossiles) du Canada produit des émissions relativement faibles par rapport à d'autres combustibles ([72 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ par rapport à 100 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ pour le diesel](#)). Les voies de production du propane renouvelable ont le potentiel de réduire considérablement les émissions sur l'ensemble du cycle de vie ou l'intensité en carbone (IC). À l'heure actuelle, l'IC du propane renouvelable oscille dans la plage de 7 à 45 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ, mais il existe des voies de production qui pourraient se distinguer par une IC négative.

Les stratégies les plus prometteuses visant la production de propane renouvelable à court terme sont les suivantes : convaincre les responsables des bioraffineries existantes et nouvelles de capter et de vendre du propane renouvelable; recourir à des technologies de gazéification ou de pyrolyse de la biomasse basées sur l'utilisation de déchets de bois peu coûteux, et au reformage catalytique des biogaz issus des déchets agricoles ou municipaux. La production de bio-DME pouvant être mélangé à du propane renouvelable est également une technologie prometteuse. Toutefois, d'autres stratégies récemment apparues pourraient s'avérer plus efficaces et plus rentables.

La rentabilité d'une voie de production dépend de facteurs tels que la fiabilité et l'efficacité du processus, les besoins en énergie, l'infrastructure de collecte et de distribution et les marges bénéficiaires. Un examen des coûts de production de propane renouvelable semble indiquer qu'ils sont actuellement au moins deux fois plus élevés que ceux de la production de propane classique. Cet important surcoût n'est pas unique au propane renouvelable, la plupart des options de production de biocarburants renouvelables, dont le diesel, impliquant elles aussi d'importants défis liés aux coûts de production. Les premières usines de production de propane renouvelable au Canada sont confrontées à d'importants risques d'investissement

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

liés à l'obtention d'un financement; à la planification et aux autorisations réglementaires; à des technologies et des processus nouveaux et non éprouvés; à l'évolution des politiques sur le carbone; et à l'incertitude quant aux marchés futurs.

Le Canada possède des avantages stratégiques pour la production de propane renouvelable, notamment des ressources et des matières premières à faible coût, ainsi que des fournisseurs de technologies de pointe qui pourraient être mis à contribution. De plus, utilisé comme combustible, le propane renouvelable possède des avantages stratégiques par rapport à d'autres combustibles, tant fossiles que biologiques, et à l'électricité : aptitude au stockage; portabilité; fiabilité; abordabilité; émissions de méthane fugitives négligeables en aval; polyvalence permettant de nombreuses utilisations finales (chauffage, transport, matière première chimique, réfrigérant à très faibles émissions de gaz à effet de serre (GES); production d'émissions à faibles incidences sur la qualité de l'air; et existence d'une infrastructure de distribution à faible coûts. Le propane renouvelable représente une occasion unique d'utiliser au mieux les sources de biogaz à petite échelle et éloignées (agriculture et déchets) qui fournissent une production d'énergie distribuée et soutiennent le développement régional, en particulier dans les collectivités éloignées. En outre, la possibilité d'associer le propane renouvelable à des thermopompes électriques pour fournir un chauffage d'appoint à très basse température, en particulier dans les régions isolées qui ne sont pas proches des réseaux de gaz naturel, est également une voie potentielle vers la décarbonation. De même, les systèmes hybrides propane renouvelable-énergie renouvelable – dans lesquels le propane renouvelable fournit de la chaleur ou de l'électricité d'appoint –, pourraient constituer une solution rentable pour les bâtiments, les installations et les collectivités hors réseau et isolés.

Nous mettons en évidence dans ces pages les voies de production de propane renouvelable qui sont susceptibles d'être **moins coûteuses que de nombreuses autres options liées à des biocarburants, tels que le diesel renouvelable et l'hydrogène**. Les biocarburants liquides sont soumis à une réglementation importante au Canada par le biais du Règlement sur les combustibles propres, mais cette réglementation est limitée dans le cas du propane renouvelable. Aux États-Unis, les crédits d'impôt annoncés pour la production, les normes sur les combustibles renouvelables et les normes sur les carburants à faible teneur en carbone au niveau des États constituent des incitatifs considérables à la production de propane renouvelable. L'instauration d'incitatifs similaires au Canada pour la production de propane renouvelable pourrait servir de catalyseur pour obtenir une production de première qualité et faire baisser les prix futurs des biocarburants grâce à des économies d'échelle et aux leçons apprises. L'ACP devrait fournir la contrepartie des subventions gouvernementales et des instruments financiers aux développeurs de

## **Faisabilité technique de la décarbonation du propane**

biocarburants et aux entreprises technologiques qui peuvent mettre en oeuvre des projets novateurs de production de propane renouvelable au Canada. Cette approche pourrait permettre de trouver les voies les plus rentables et les plus efficaces et efficaces vers la décarbonation, en particulier pour les utilisations finales difficiles à électrifier (telles que les transports routiers longue distance, le chauffage des locaux dans les climats froids et les demandes d'énergie dans les sites isolés).

À ce jour, le propane renouvelable a reçu peu d'attention sur le plan politique et un soutien financier et stratégique limité. Toutefois, si l'on établit des politiques équitables visant à favoriser la construction des premières installations de production au Canada, le propane renouvelable peut jouer un rôle important dans l'atteinte des objectifs de carboneutralité du Canada.

### 1 Introduction et objectifs

L'Association canadienne du propane (ACP) représente tous les éléments de la chaîne de valeur du propane au pays : producteurs, grossistes, détaillants et fabricants de matériel fonctionnant au propane. Dans l'ensemble, le secteur du propane est déterminé à faire sa part pour réduire les émissions. Il s'agit d'un objectif complexe, sur lequel les différentes entreprises individuelles qui font partie de la chaîne de valeur du propane n'ont pas de maîtrise directe, ce qui signifie que le propane en tant que carburant doit progresser vers la carboneutralité, sans quoi il ne sera plus une option écologique/sobre en carbone, abordable, polyvalente et fiable sur le marché pour les Canadiens.

L'ACP souhaite esquisser une feuille de route concrète vers un propane à émissions nulles et obtenir l'adhésion de ses membres quant à la voie à suivre et aux demandes en matière de politiques. Tout en s'efforçant de produire au Canada un propane dont l'intensité en carbone sur l'ensemble du cycle de vie est presque nulle, les membres s'efforcent également de maintenir le statut du propane en tant que combustible et carburant très apprécié, non seulement en termes d'impact sur l'environnement, mais aussi en termes d'abordabilité, de polyvalence et de fiabilité.

Il faudra produire de grandes quantités de propane renouvelable ou d'autres biocarburants pouvant y être mélangés, comme le bio-DME, pour assurer la décarbonation du propane. **Nous examinons ici comment le propane renouvelable peut être produit à grande échelle au Canada.** Pour y arriver, il faut mieux comprendre les technologies essentielles, les obstacles, les exigences en matière de recherche et de développement et les voies possibles de décarbonation du propane au pays. Une telle analyse a été effectuée dans les territoires relevant d'autres pouvoirs publics, lesquels sont aujourd'hui à la pointe de la production de propane renouvelable et de bio-DME, notamment aux États-Unis. Le Canada doit comprendre et évaluer cette occasion de décarboner rapidement et efficacement le marché du propane.

Sans une analyse exhaustive, une feuille de route à ce stade resterait une liste abstraite de technologies et de stratégies potentielles de réduction des GES, sans qu'on sache comment les premières installations de production de propane (ou de combustibles multiples) sobre(s) en carbone peuvent être construites au Canada.

Nous commencerons par faire l'état des lieux en présentant en détail la chaîne d'approvisionnement complexe du propane au Canada, depuis la production jusqu'aux utilisations finales. Nous présenterons ensuite l'état des connaissances concernant les émissions actuelles sur l'ensemble du cycle de vie du propane classique produit au Canada et nous examinerons celles qui sont associées à différentes filières de production de propane renouvelable.

## **Faisabilité technique de la décarbonation du propane**

Nous explorerons ensuite différentes technologies de production de propane renouvelable, lequel pourrait remplacer le propane classique au Canada, en fournissant une analyse du marché et des obstacles pour chacune des options cernées.

Enfin, en nous appuyant sur la recherche, nous déterminerons ce qu'il faudrait pour mettre en place les premières installations de production de propane renouvelable et les premiers réseaux de distribution au Canada. Des recommandations spécifiques sont formulées à l'intention de l'ACP concernant les prochaines étapes et mesures à prendre pour élaborer une stratégie et une feuille de route pour la décarbonation du propane au Canada.

### 2 La chaîne d'approvisionnement en propane du Canada

Au Canada, plus de 90 % de la production de propane provient du traitement de liquides de gaz naturel (LGN) récupérés dans les usines de retraitement du gaz (usines de chevauchement) situées le long des lignes de transport de gaz naturel et envoyés vers des usines de fractionnement centralisées à grande échelle pour être retraités en propane et autres produits finaux tels que l'éthane, le butane et des pentanes. Le reste est constitué du coproduit des raffineries de pétrole. En amont, la chaîne d'approvisionnement en propane est dominée par quelques grands producteurs qui accaparent la majeure partie de la capacité de fractionnement du Canada. Il existe également de plus petits producteurs, notamment des entreprises qui exploitent des raffineries de pétrole et des usines de valorisation du bitume.

Le propane est principalement transporté par rail ou par pipeline vers les marchés d'exportation ou, s'il est utilisé à l'intérieur des frontières, stocké dans des cavernes souterraines avant d'être éventuellement distribué par rail et par camion de transport vers les terminaux et les détaillants en aval. La distribution finale du propane aux clients est généralement assurée par des camions-citernes et des wagons-citernes

Au Canada, la demande de propane est très diversifiée, et ce gaz trouve de nombreux usages. En 2021, l'utilisation à des fins énergétiques représentait environ 78 % de la demande totale, le reste étant lié à l'utilisation du propane comme matière première dans la fabrication de produits chimiques et de matières plastiques.

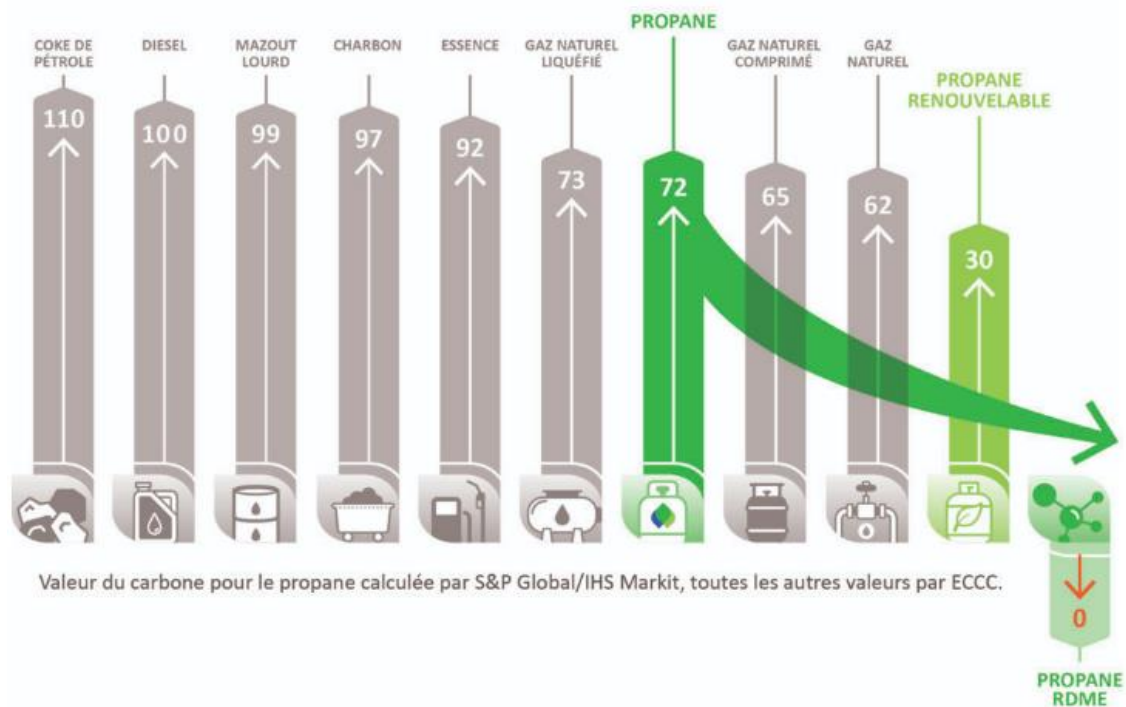
L'**Annexe A** présente une analyse détaillée de la chaîne d'approvisionnement en propane du Canada.

### 3 Émissions sur l'ensemble du cycle de vie du propane classique et du propane renouvelable

L'intensité des émissions directes (ou attribuables à la combustion) provenant de la production du propane classique par unité d'énergie est d'environ 57 kg éq. CO<sub>2</sub>/GJ – PCSC; elle est inférieure à celle des émissions provenant de la plupart des autres combustibles largement distribués au Canada, à l'exception du gaz naturel. Dès lors, le propane est actuellement un choix respectueux de l'environnement pour de nombreuses utilisations finales qui ne sont pas en concurrence directe avec l'électricité.

Sur l'ensemble du cycle de vie, l'intensité des émissions provenant du propane du Canada est également faible par rapport à celle des émissions provenant des autres combustibles. En 2021, l'ACP a commandé une étude à S&P Global ([voir le rapport, en anglais](#)) pour déterminer l'intensité des émissions sur le cycle de vie par rapport aux importantes voies de production de propane au Canada. Selon cette étude, les émissions moyennes sur le cycle de vie du propane vendu au pays était de 72 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ. Comme l'indique la figure 1, cette valeur se compare favorablement à celle propre aux autres combustibles.

**Figure 1. Intensités des émissions sur le cycle de vie de différentes sources d'énergie classiques et du propane renouvelable au Canada (g éq. CO<sub>2</sub>/MJ)**  
**Valeurs d'intensité carbone (g CO<sub>2</sub>e/MJ) pour les sources d'énergie**



Source : [ACP 2023](#)

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

L'intensité des émissions produites à partir du propane renouvelable sur son cycle de vie équivaut généralement à moins de la moitié de celles provenant du propane classique. Toutefois, dans certaines conditions, cette intensité peut même être négative, ce qui signifie que, par le biais de la séquestration, le propane renouvelable retire de l'environnement plus de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> qu'il n'en produit.

L'IC du propane renouvelable est en grande partie fonction du choix des matières premières, de l'efficacité du procédé et de la présence ou non de produits intermédiaires ou de procédés supplémentaires qui séquestrent le carbone. Par exemple, pour l'hydrotraitement des huiles végétales et des graisses animales, l'intensité en carbone varie de 20 à 60 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ selon la nature de l'huile utilisée (p. ex., huile soja, huile de maïs ou huile de cuisson usée).

L'**Annexe B** présente une analyse plus détaillée ainsi qu'une comparaison des émissions sur le cycle de vie du propane classique, du propane renouvelable et d'autres combustibles. L'**Annexe D** traite des avantages potentiels de passer des combustibles à forte intensité en carbone au propane.

### 4 Voies de production du propane renouvelable

La présente analyse des voies de production du propane renouvelable inclut également les voies de production des combustibles sobres en carbone – tel le bio-DME – qui peuvent être mélangés au propane renouvelable et intégrés à l'infrastructure du propane.

Le terme « propane renouvelable » est employé couramment pour désigner le gaz de pétrole liquéfié issu de procédés de production reposant sur le traitement de la biomasse. Pour les besoins de la présente étude, le propane renouvelable est aussi appelé biopropane. Les différences possibles entre ces termes sont traitées dans l'**Annexe A**. Le terme « gaz de pétrole liquéfié » (GPL) est le nom générique des mélanges d'hydrocarbures qui passent de l'état gazeux à l'état liquide lorsqu'ils sont comprimés à une pression modérée ou refroidis. La composition chimique du GPL peut varier, mais elle est généralement constituée de propane ( $C_3H_8$ ) et de butane ( $C_4H_{10}$ ). Le propane et le butane sont des sous-produits du raffinage du pétrole brut et du traitement du gaz naturel; de la même manière, la production de propane renouvelable à partir de la biomasse peut également être un mélange de ces produits. Dans la pratique, le propane renouvelable peut contenir un peu de butane (butane ou isobutane, un isomère du butane) et d'autres hydrocarbures légers, bien que la plupart des technologies de production émergentes produisent principalement du propane.

La structure moléculaire du propane renouvelable pur est identique à celle du propane classique pur issu d'hydrocarbures, qui peut donc être mélangé ou vendu tel quel. Véritable combustible de substitution, le propane renouvelable peut servir à tous les usages dans le marché du GPL, entre autres il peut être injecté dans les réseaux de gaz naturel (biométhane ou méthane classique) pour ajuster sa valeur calorifique ou sa densité calorifique.

L'éther diméthylique (DME;  $C_2H_6O$ ) peut être mélangé à du GPL ou s'y substituer jusqu'à une limite d'environ 20 % par rapport à la masse. De nos jours, le DME classique est issu en grande partie du méthanol (la matière première étant le gaz naturel ou le charbon). Si la biomasse est la matière première, le DME est remplacé dans le présent rapport par le terme bio-DME.

#### 4.1 Principales voies de production du propane renouvelable

En principe, on peut produire du propane renouvelable de nombreuses manières en utilisant différents types de procédés thermiques et chimiques, soit comme coproduit dans la production d'autres combustibles, soit comme produit principal. La plupart des investissements dans la production de propane renouvelable sont actuellement indirects, car les producteurs s'intéressent principalement à la production de diesel renouvelable par l'hydrotraitement d'huiles végétales et de graisses animales, le propane renouvelable n'étant qu'un sous-produit. Il existe actuellement dans le monde très peu d'installations

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

de production de propane renouvelable à des fins commerciales (c'est-à-dire qui produisent et séparent le propane renouvelable pour le vendre).

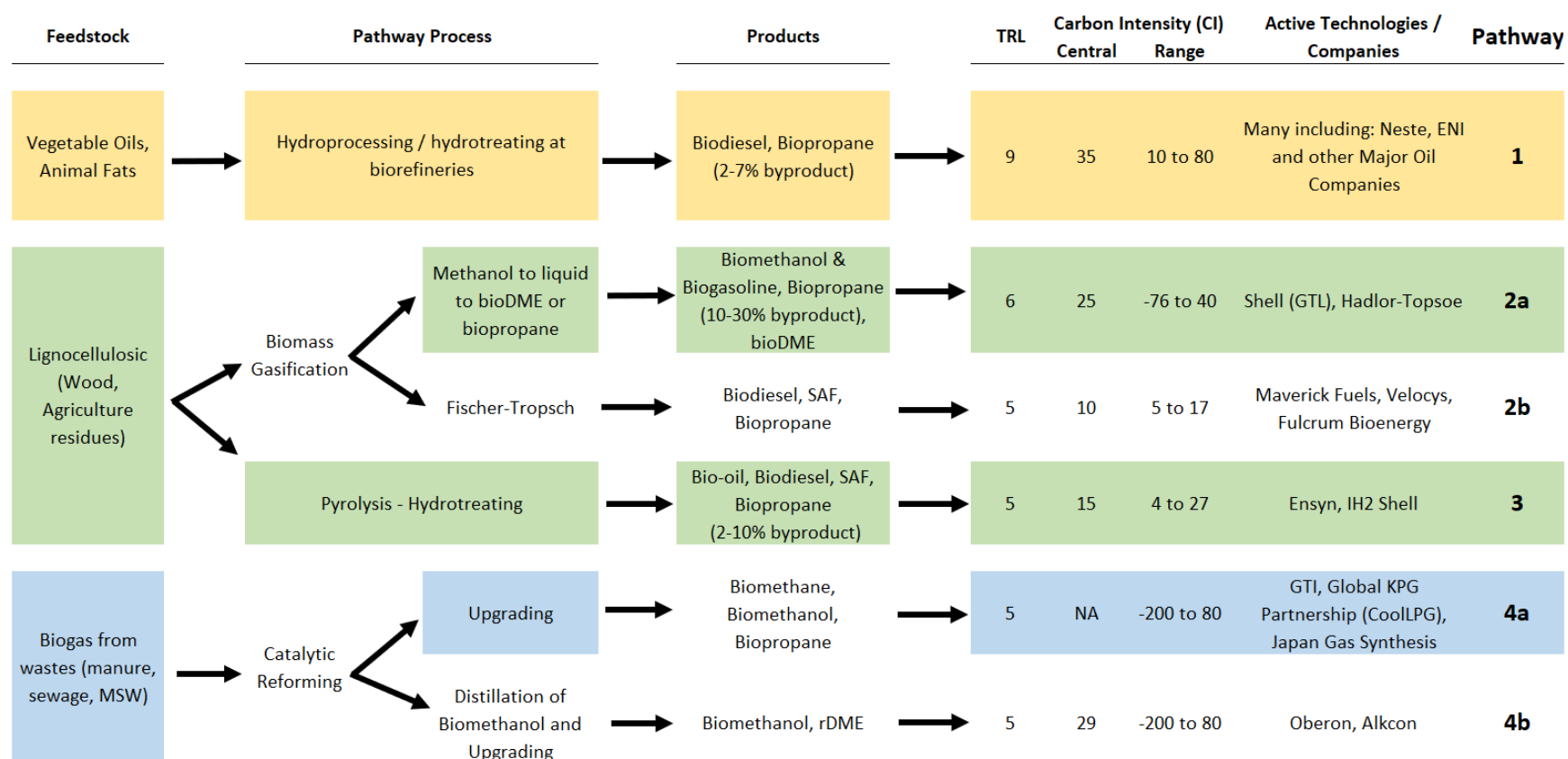
Neste, premier producteur du monde, vend du propane renouvelable depuis son usine de Rotterdam, mais seulement comme composante d'un mélange avec des effluents gazeux et non comme combustible distinct. Il existe seulement quelques autres installations dans le monde qui vendent du propane renouvelable (p. ex. Chevron Renewable Energy Group) ou du bio-DME (p. ex., Oberon).

Le bio-DME (ou rDME; éther diméthylique renouvelable) est à la fois une autre voie d'accès et une option de recharge au propane renouvelable. Il peut être mélangé au propane renouvelable ou utilisé comme matière première intermédiaire pour produire du propane renouvelable. Le DME est chimiquement similaire au propane et au butane et présente des caractéristiques d'utilisation similaires. Il est de plus en plus utilisé comme source d'énergie, mais son utilisation comme combustible ou comme agent de mélange avec des combustibles doit être approuvée. Le DME peut être mélangé au GPL pour être utilisé dans toutes les applications sans modification de l'équipement. Toutefois, la limite de la quantité de DME pouvant être mélangée au GPL se situe probablement autour de 20 % par rapport à la masse, car le DME est un solvant pouvant causer de la corrosion. Qui plus est, comme le DME a une densité gravimétrique différente de celle du propane, il peut être nécessaire d'agiter le mélange pour éviter qu'il ne se sépare. Ceci peut être réalisé naturellement pour les applications mobiles mais pose des problèmes pour les applications stationnaires.

La figure 2 présente sept voies de production de propane renouvelable ou de bio-DME, dont certaines impliquent plus d'un procédé. Une huitième voie repose sur l'intégration d'un porteur d'hydrogène dans l'infrastructure du propane. Les catégories de voies ne sont pas toujours clairement délimitées en raison de la diversité des procédés et des matières premières qui peuvent produire les mêmes intermédiaires chimiques et de la manière dont ils peuvent être transformés en propane renouvelable. Les voies sont déterminées à un niveau élevé par des procédés ou des intermédiaires chimiques communs. La figure 8 détaille les liens entre les matières premières biomassiques, les procédés et les produits et inclut les entreprises actives dans le développement des technologies. La ou les matières premières requises pour une voie de production spécifique ont une importance primordiale, car les coûts d'approvisionnement et de préparation sont généralement ceux qui contribuent le plus au coût de production global. La rentabilité d'une voie de production dépend d'un certain nombre d'autres facteurs, notamment la fiabilité et l'efficacité des procédés, les besoins en énergie, l'infrastructure de collecte et de distribution et les marges bénéficiaires. Ces facteurs, qui peuvent devenir des obstacles potentiels pour les voies les plus prometteuses sont examinés dans la section 6.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Figure 2. Voies de production de propane renouvelable ou de rDME



## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Feedstock	Pathway Process	Products	TRL	Carbon Intensity (CI)		Active Technologies / Companies	Pathway
				Central	Range		
Glycerine / Glycerol	Dehydration / Hydrogenation	Biopropane	5	NA	NA	Bio-fuel Solution	<b>5</b>
Sugars / Starch	Aqueous Phase Reforming	Biopropane	4	NA	10 to 20	Virent's (Bioforming)	<b>6a</b>
	Fermentation	Biobutylene, Biopropane	5	15	10 to 20	Global Bioenergies, C3 Bioenergy, Ekobnz, Vertimass	<b>6b</b>
Atmospheric or Captured CO <sub>2</sub> e	E-Fuels. H <sub>2</sub> Electrolysis, Carbon Capture, Fischer Tropsch or other formation process	Many possible products including biopropane	3	6	0 - 20	Many start-ups: HIF Global, Advanced Biofuels Solutions, Carbon Recycling International	<b>7</b>
Green Electricity for Hydrogen	Hydrogen Carriers in Propane Infrastructure, Fischer Tropsch	Green ammonia transported in propane infrastructure	7	NA	0 - 20	Existing LPG Ships and Tank systems currently transport Ammonia	<b>8</b>

Sources : [Chen et al. \(2021\)](#), [Johnson E. \(2019\)](#), [Argus \(2022\)](#), [PERC \(2023\)](#).

Chacune des voies présentées dans la figure 2 fait l'objet d'une brève analyse dans l'**Annexe C** du présent rapport.

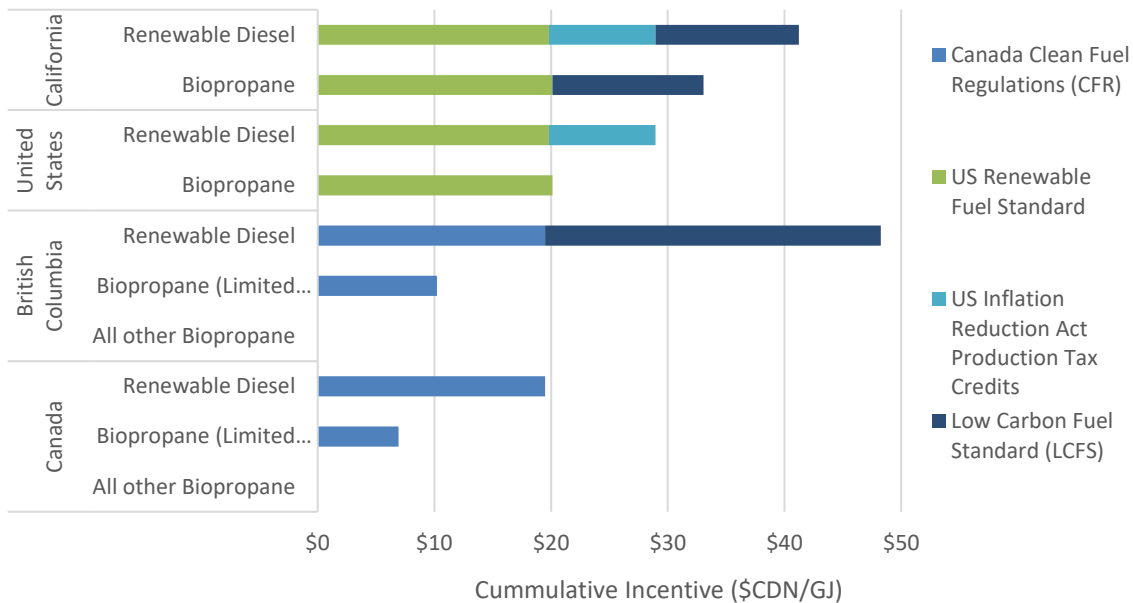
## 5 Analyse du marché et des obstacles

Le coût de production total du propane renouvelable est le facteur déterminant pour la construction d'usines au Canada, et l'on s'attend à ce qu'à court terme, toutes les voies de production soient beaucoup plus coûteuses que la production actuelle de propane classique. Les données inclinent à penser que les coûts de production du propane renouvelable seront initialement au moins deux fois plus élevés que les coûts de production actuels. Ce surcoût important n'est pas propre au propane renouvelable, et la plupart des options de biocombustibles, y compris le diesel renouvelable, posent de grands défis quant au coût de production.

Dans le cas qui nous occupe, les prix du propane renouvelable sur le marché devront être nettement supérieurs aux prix actuels du propane classique (de 15 à 30 \$/GJ pour diverses utilisations finales) si l'on veut stimuler la production. Ainsi, on pourrait instaurer soit une prime de marché importante par rapport au propane classique, soit un crédit important pour les réductions d'émissions associées, ou les deux.

Bien que le propane renouvelable ne puisse pas remplacer le diesel renouvelable dans tous les cas, il est utile de comparer les incitatifs à la production de propane renouvelable aux incitatifs à la production de diesel renouvelable au Canada et aux États-Unis qui ont déclenché des investissements et une production importants. La figure 3 présente les incitatifs actuels à la production de propane et de diesel renouvelables en Colombie-Britannique, en Californie et dans d'autres États américains.

**Figure 3. Ampleur estimée des incitatifs à la production de propane et de diesel renouvelables au Canada et aux États-Unis**



## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

**Note.** Propane renouvelable limité au remplacement de carburants de transport liquides (analyse basées sur le diesel)

**Sources :** Les estimations sont basées sur de l'information accessible au public concernant les prix des crédits au titre des normes régionales sur les carburants à faible teneur en carbone au Canada et de la Renewable Fuel Standard («norme sur les combustibles renouvelables») des États-Unis. Les prix visés par le Règlement sur les combustibles propres du Canada sont basés sur les valeurs limites de crédit fixées dans la norme sur les combustibles propres. Tous ces prix connaissent des fluctuations considérables en raison des échanges de crédits, et les estimations de l'ampleur des incitatifs reposent sur les prix moyens entre janvier et août 2020 et les IC moyennes déclarés en 2023.

Comme le montre la figure 3, aux États-Unis, les incitatifs cumulés de l'ordre de 28 \$ et de 41 \$ par GJ (1,10 \$ et 1,58 \$ le litre) pour la production de diesel renouvelable avec une IC moyenne de l'ordre de 35 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ ont entraîné une hausse considérable de la production, qui a doublé en deux ans : de 968 millions de gallons en 2020 à presque 1,900 milliard de gallons en 2022.

Actuellement, la production limitée de propane renouvelable par les bioraffineries au Canada est utilisée à l'interne et n'est pas commercialisée. Ce propane renouvelable réduit l'intensité en carbone du diesel renouvelable produit et contribue ainsi à réduire l'intensité en carbone eu égard à la réglementation. Toutefois, en Californie, l'incitatif cumulé relatif au propane renouvelable est estimé à 33 \$/GJ sur la base des contributions de la Renewable Fuel Standard et de la norme de la Californie sur les carburants à faible teneur en carbone et d'une IC hypothétique de 30 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ. Ce niveau d'incitatifs a ouvert des marchés dans cet État pour le propane renouvelable comme carburant à certaines fins de transport.

Aux États-Unis, il est démontré que le seul incitatif au titre de la Renewable Fuel Standard (20 \$/GJ) ne suffit pas pour que les bioraffineries réalisent des investissements supplémentaires dans des unités de séparation pour la production et la vente de propane renouvelable. Il semble qu'un incitatif supplémentaire d'environ 10 \$/GJ, si l'on se fie à la norme californienne sur les carburants à faible teneur en carbone, s'imposerait, ce qui est confirmé dans la littérature ([Argus 2022](#)). Sans le soutien d'un incitatif total d'environ 30 \$/GJ, les bioraffineries choisiraient probablement d'utiliser le sous-produit de la production de propane renouvelable sur place pour réduire l'IC des biocarburants liquides.

Au Canada, on peut obtenir les crédits consentis au titre du Règlement sur les combustibles propres et de la norme sur les carburants à faible teneur en carbone de la Colombie-Britannique en passant des combustibles liquides classiques (p. ex., le diesel et l'essence) au propane dans le secteur des transports. Il s'agit d'une possibilité limitée que le propane renouvelable donne accès à un incitatif d'environ 10 \$/GJ. Des programmes comme le Fonds stratégique pour l'innovation (FSI) permet d'obtenir un financement par projet mais, comme c'est le cas pour d'autres types de projets, ce financement est limité et n'est pas garanti.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Les recherches initiales sur les coûts d'approvisionnement aux fins de la production de propane renouvelable semblent indiquer qu'il existe des voies potentielles de production qui pourraient être moins coûteuses que d'autres voies de production de biocarburants, en particulier si l'on compare avec la production de diesel renouvelable, avec lequel le propane renouvelable partage un grand nombre des mêmes avantages profitant aux collectivités rurales et éloignées (c.-à-d. l'aptitude au stockage, la portabilité, l'abordabilité et la polyvalence) pour de nombreuses utilisations finales, depuis le chauffage jusqu'au transport). Bien qu'une analyse exhaustive doive également inclure les coûts en aval tels que les coûts de distribution, de commercialisation et de vente au détail pour les différentes utilisations finales, le propane renouvelable serait vraisemblablement concurrentiel sur le plan énergétique. Si un incitatif de 26 à 39 \$/GJ (de 0,70 à 1,05 \$/L pour le propane), similaire à celui fixé aux États-Unis pour le diesel renouvelable, était offert ici aux producteurs et aux détaillants de propane, nous pensons que de nombreuses installations de production de propane renouvelable pourraient être construites au Canada. Ces installations permettraient de faire la démonstration de la technologie, de réduire le risque d'investissement perçu et de faire baisser les coûts de production grâce aux leçons apprises et à des économies d'échelle. Les installations de deuxième génération nécessiteraient des primes moins importantes et, à terme, la production de propane renouvelable pourrait être moins coûteuse que celle d'autres biocarburants concurrents.

Outre les incitations à la production de propane renouvelable, il pourrait également être possible de créer un marché de primes vertes pour le propane renouvelable. Pour ce faire, il faudra pouvoir certifier le propane renouvelable en fonction de son empreinte carbone et de son contenu renouvelable.

La Renewable Fuel Standard des États-Unis est souple; elle reconnaît que le propane renouvelable donne droit à des numéros d'identification de carburant renouvelable (RIN), lesquels peuvent être échangés contre des crédits compensatoires. Déjà, l'Environmental Protection Agency a jugé que plusieurs projets de production de propane renouvelable étaient admissibles, et les producteurs peuvent demander des mises à jour de leur dossier. Le système permet l'attribution de RIN pour le propane renouvelable produit et utilisé comme combustible de procédé dans les bioraffineries. Au Canada, le système d'accréditation est encore embryonnaire, et on ne sait pas exactement si de nouvelles voies de production de propane renouvelable seront ajoutées rapidement.

Le développement par Oberon d'un combustible comparable pour la production de rDME témoigne de la souplesse de la politique américaine. Les incitatifs mis en place par le gouvernement californien et la reconnaissance de ceux-ci à l'échelle nationale ont joué un rôle crucial dans la décision de l'entreprise de mettre en service une première usine de production à des fins commerciales.

### 6 Conclusions

Il est démontré ici que des voies et des technologies spécifiques permettant de produire des quantités importantes de propane renouvelable ou de rDME émergent, mais qu'elles ne sont pas près d'être disponibles en tant que solutions simples et immédiates pour la chaîne d'approvisionnement du Canada, avec des coûts et des risques connus. La construction d'une première usine de production de propane renouvelable au Canada implique d'importants risques d'investissement : obtention du financement, planification, obtention des autorisations réglementaires, nouveauté et fiabilité douteuse des technologies et des procédés, fluctuations des politiques sur le carbone ou marchés futurs incertains. Ces risques ne sont pas propres au propane renouvelable; beaucoup d'autres stratégies de décarbonation de l'industrie se heurtent à des obstacles similaires, et il est donc possible de collaborer avec d'autres organisations de l'industrie pour s'attaquer à des enjeux communs. Il existe toutefois des enjeux distincts auxquels l'ACP devra faire face seule.

Des recommandations sont formulées à l'intention de l'ACP dans les sous-sections ci-dessous.

#### *6.1 Principaux enseignements à tirer de la présente étude*

1. Des options émergent pour réduire de manière significative l'IC liée au propane vendu au Canada et pour décarboner la chaîne d'approvisionnement en propane au pays, mais elles comportent des risques financiers, politiques et réglementaires importants pour les investisseurs.
2. La majeure partie de la production mondiale actuelle de propane renouvelable provient de bioraffineries rattachées à des raffineries de pétrole traditionnelles, qui utilisent l'hydrotraitement d'huiles végétales ou de graisses animales pour produire des biocarburants liquides. Dans le cas qui nous occupe, la technologie est mature, mais le propane renouvelable est un sous-produit tout comme le propane est un sous-produit de la production des raffineries de pétrole. Actuellement, la majeure partie du propane renouvelable produit de cette manière n'est ni séparée ni commercialisée et est utilisée sur place pour produire de l'énergie. Il est peu probable que cette situation change sans qu'on crée des incitations financières significatives pour couvrir les coûts de traitement du propane renouvelable.
3. D'autres voies nouvelles de production de propane renouvelable les plus prometteuses pour une commercialisation à court terme sont entre autres les technologies de gazéification qui peuvent utiliser des matières lignocellulosiques peu coûteuses comme les déchets de bois (voie 2) et le reformage catalytique de déchets de biogaz en propane renouvelable ou en bio-DME (voie 4). La plupart

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

- des voies de gazéification produiraient également du propane renouvelable comme sous-produit et présenteraient donc les mêmes défis que la voie 1, à savoir la production d'huile végétale hydrotraitée (HVO). Le reformage catalytique de déchets de biogaz présente l'avantage de pouvoir produire sélectivement du propane ou du rDME, ce qui permet de disposer d'une source d'approvisionnement commercialisable stable et spécifique, tout en améliorant la gestion des déchets biologiques et en réduisant les émissions qu'ils génèrent.
4. D'autres voies de production comportent l'utilisation de différentes matières premières, telles que de la glycérine, des sucres et de l'amidon. Les voies de production d'hydrogène vert et de CO<sub>2</sub> (électrocarburants) sont technologiquement viables mais coûtent cher actuellement. Elles ne le deviendront vraisemblablement pas dans un proche avenir, mais il vaut la peine de suivre leur progression.
  5. Le Canada jouit d'avantages stratégiques pour la production de propane renouvelable, notamment des ressources et des matières premières à faible coût, ainsi que des fournisseurs de technologies de pointe qui pourraient être mis à profit.
  6. La voie de l'utilisation du propane et de l'infrastructure du propane pour la production d'hydrogène renouvelable se heurte à des obstacles technologiques, de sorte qu'une évaluation plus approfondie est nécessaire. Le principal problème est qu'à basse pression, l'hydrogène présente une très faible densité volumétrique d'énergie, si bien que la quantité d'énergie fournie par l'hydrogène pouvant être stockée dans une bouteille de propane à une pression typique est très faible (plus de 10 fois moins d'énergie par unité de volume).  
  
Un autre problème est que l'hydrogène peut corroder les bouteilles et les métaux avec lesquels il entre en contact, et causer des dommages mécaniques aux bouteilles (fragilisation par l'hydrogène). Le mélange direct de l'hydrogène avec le propane semble une option irréaliste compte tenu des problèmes de séparation. L'option la plus prometteuse est l'utilisation d'un porteur d'hydrogène tel que l'ammoniac, qui présente une densité volumétrique d'énergie beaucoup plus élevée que l'hydrogène aux pressions typiques de l'infrastructure du propane. Il faut cependant résoudre les problèmes de sécurité liés à la toxicité élevée de l'ammoniac et développer des utilisations finales distribuées similaires à celles du propane. Le méthanol ou l'acide formique pourraient également servir de porteurs d'hydrogène, mais ils nécessitent une source de carbone produisant de faibles émissions de GES.
  7. La production de biocarburants attire un nombre extraordinaire de développeurs de technologies à l'échelle mondiale qui poursuivent différentes voies. Nombre d'entre eux n'ont pas réussi à franchir l'étape des essais en laboratoire ou ont échoué à l'échelle pilote en raison de problèmes techniques et de coûts exorbitants.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

8. Pour être concurrentielle, la production de propane renouvelable devra probablement se situer à un niveau de prix nettement inférieur à celui des biocarburants liquides. Par exemple, le carburant aviation durable se négocie actuellement sur un marché haut de gamme à un prix pouvant atteindre 90 \$/GJ. Il faudrait également que le prix du marché soit nettement supérieur à celui du gaz naturel, qui n'est actuellement que de 10 à 15 \$/GJ livré aux utilisateurs finaux.
9. Les premières recherches semblent indiquer que les voies de production de propane renouvelable seraient vraisemblablement moins coûteuses que beaucoup d'autres voies de production de biocarburants. Étant donné que les incitatifs se rapportant aux biocarburants liquides aux États-Unis ont permis de construire les premières usines et d'augmenter la production, des incitatifs similaires par unité d'énergie livrée pourraient également permettre de produire du propane renouvelable. Un régime d'incitatifs initial de 38 à 58 \$/GJ (de 0,70 à 1,06 \$/L) pourrait stimuler la production de propane renouvelable au Canada et faire baisser les coûts de production des biocarburants grâce aux économies d'échelle et aux leçons apprises. Cette approche pourrait permettre de trouver les voies les plus rentables et les plus efficaces vers la décarbonation, surtout en ce qui concerne les utilisations finales difficiles à électrifier.
10. En vertu du Règlement sur les combustibles propres au Canada, les biocarburants liquides tels que le diesel renouvelable devraient générer des crédits de conformité qui se traduisent par une réduction d'environ 300 \$/t éq. CO<sub>2</sub> ou d'environ 19 \$/GJ supprimée ou réduite par rapport à un niveau de référence. Toujours en vertu de ce règlement, les promoteurs de la production de propane renouvelable au Canada sont limités à l'obtention de crédits uniquement pour les projets qui permettent de passer des combustibles liquides classiques utilisés à des fins de transport au propane ou au propane renouvelable, ce qui est raisonnable vu que le propane est un combustible qui n'est pas visé par une obligation. Toutefois, il pourrait exister une possibilité que le propane renouvelable génère des crédits compensatoires dans le cadre du système.

### ***6.2 Pourquoi le propane renouvelable doit faire partie du futur bouquet énergétique du Canada***

#### Messages clés :

1. Les indications récentes du cheminement vers la carboneutralité à l'échelle nationale révèlent que nous ne sommes pas sur la bonne voie pour atteindre les cibles de 2030. La question de savoir quelles contributions à la réduction des émissions peuvent apporter les différentes sources, technologies et options énergétiques à faible teneur en carbone est très loin de faire l'unanimité.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Toutefois, de nombreuses stratégies devront être mises en œuvre pour décarboner le système énergétique canadien à un coût abordable. Nous avons besoin d'autant de voies viables que possible vers un système énergétique carboneutre, mais compter sur l'électricité renouvelable, l'hydrogène vert ou le captage et le stockage du carbone n'est pas une stratégie viable ni solide. Même en multipliant par trois le réseau électrique d'ici 2050, ce qui est quasi utopique, nous ne parviendrons simplement pas à répondre à nos besoins énergétiques, et nous aurons toujours besoin de combustibles gazeux et liquides dans des segments clés du marché.

2. Le propane renouvelable possède des avantages stratégiques par rapport au propane classique, à d'autres biocombustibles et à l'électricité : aptitude au stockage; portabilité; abordabilité; absence d'émissions de méthane fugitives en aval; polyvalence permettant de nombreuses utilisations finales (chauffage, transport, etc.); possibilité d'être utilisé comme réfrigérant à faibles émissions de GES et sans émission d'hydrofluorocarbures dans les réfrigérateurs et les thermopompes; et existence d'une infrastructure de distribution à faible coût.
3. Le propane renouvelable est un combustible idéal lorsqu'il est associé à des thermopompes électriques pour fournir un chauffage d'appoint à basse température, en particulier dans les régions isolées qui ne sont pas proches des réseaux de gaz naturel. Il peut aussi être utilisé comme réfrigérant sans émission d'hydrofluorocarbures dans les thermopompes.
4. Le propane renouvelable représente une occasion unique d'utiliser au mieux les sources de biogaz à petite échelle et éloignées (agriculture et déchets) qui fournissent une production d'énergie distribuée, soutiennent le développement régional et offrent une solution efficace pour le captage et l'utilisation.
5. Les systèmes hybrides alimentés au propane et en énergies renouvelables pourraient également constituer une solution énergétique rentable pour les bâtiments, les installations et les collectivités hors réseau électrique et isolés. Dans ces systèmes, l'énergie solaire ou éolienne renouvelable pourrait fournir l'énergie de base et le propane renouvelable pourrait être utilisé pour la charge de pointe et pour fournir un soutien lorsque les énergies renouvelables ne sont pas disponibles.
6. La recherche indique que les coûts de production du propane renouvelable par unité d'énergie sont relativement faibles, en particulier par rapport aux coûts liés aux biocarburants liquides. Bien que le propane renouvelable ne permette pas de remplacer toutes les utilisations de ces biocarburants, le fait que les coûts de production du propane renouvelable sont comparables ou inférieurs rendrait cette énergie concurrentielle pour un certain nombre d'utilisations finales. Ainsi, la production de propane renouvelable offre une grande possibilité de trouver des voies de décarbonation au Canada qui sont rentables, qui répondent aux besoins des collectivités rurales et éloignées et qui permettent des utilisations finales difficiles à réduire.

### 7 Recommandations visant à accélérer la décarbonation du propane

L'ACP soutient fermement le principe selon lequel des incitatifs s'imposent de manière similaire pour toutes les sources d'énergie en concurrence à travers le Canada en tenant compte des réductions d'émissions de GES, de la portabilité, de la polyvalence et de l'évolutivité. Particulièrement parce que les voies prometteuses de production de propane renouvelable sont à un bas niveau de maturité technologique et qu'elles ont reçu beaucoup moins d'attention que d'autres, il est primordial que les installations de production de propane renouvelable premières du genre bénéficient d'incitations à la production afin qu'elles puissent rivaliser et apprendre sur un pied d'égalité. Nous sommes convaincus qu'avec des politiques appropriées favorisant la construction des premières usines de fabrication de propane renouvelable au Canada, celles-ci joueront un rôle important dans l'atteinte des objectifs de carboneutralité du Canada.

#### 7.1 *Recommandation visant à soutenir la production de propane renouvelable au Canada*

À l'heure actuelle, il n'existe pas au Canada de conditions favorables pour construire les premières installations de production de propane renouvelable nécessaires à la décarbonation. L'*Inflation Reduction Act* des États-Unis et le Pacte vert pour l'Europe sont des mesures gouvernementales à grande échelle adoptées récemment pour accélérer les investissements dans la production industrielle à émissions quasi nulles en accordant d'importantes subventions s'appliquant aux procédés. Ces importantes subventions placent actuellement le Canada en situation de désavantage concurrentiel. L'ACP devrait accorder son appui aux subventions gouvernementales de contrepartie et aux instruments financiers qui peuvent permettre aux premières installations du genre d'avoir de bonnes chances de succès.

Dans les territoires de la plupart des administrations publiques, la production de biocarburants nécessite l'addition de différents incitatifs financiers. Par exemple, la production de biocombustibles en Californie bénéficie d'un soutien financier au titre de la Low-Carbon Fuel Standard de l'État, de la Renewable Fuel Standard du gouvernement fédéral, ainsi que des crédits d'impôt des mélangeurs (qui seront bientôt remplacés par les crédits d'impôt à la production) en vertu de l'*Inflation Reduction Act*. Pour qu'il soit possible d'investir dans la construction d'installations nouvelles, il est essentiel que ces incitatifs s'additionnent jusqu'à un niveau assurant un soutien minimum pendant au moins 10 ans, soit la période typique d'amortissement du noyau de capital.

Le secteur du propane doit chercher à travailler activement avec les développeurs de biocarburants et les entreprises technologiques pour mettre en oeuvre des projets de production de propane renouvelable au Canada.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Tout d'abord, l'ACP doit souligner les avantages stratégiques que présenterait le Canada eu égard à la production de propane renouvelable à l'échelle mondiale :

1. Matières premières issues de la biomasse (déchets de bois, biogaz d'origine agricole, etc.) à faible coût et en abondance accessibles pour la production de propane renouvelable.
2. Utilisation de biogaz pour la production de propane qui peut également contribuer à réduire et à gérer les émissions actuelles à partir de biodéchets, comme les déchets solides municipaux, les eaux usées et le fumier d'origine agricole.
3. Leaders technologiques.
4. Réseaux de transport régionaux étendus et peu coûteux.
5. Demande de combustibles polyvalents et à faible teneur en carbone pouvant répondre aux besoins en matière d'éloignement, de flexibilité et de stockage.
6. Du point de vue de la sécurité énergétique, la production de propane renouvelable réduit la dépendance à l'égard des importations d'énergie et augmente le potentiel d'exportation d'énergie.
7. La production pourrait être décentralisée à l'échelle locale et régionale, ce qui favoriserait la croissance économique des régions, entre autres les emplois dans les collectivités rurales et économiquement défavorisées.

En outre, l'ACP devrait souligner que la [redevance fédérale sur les combustibles applicable au propane](#) rapportera vraisemblablement plus de 350 millions de dollars rien qu'en 2023 au Canada, selon la couverture et la tarification du carbone ([Institut climatique du Canada](#), autrefois l'Institut canadien pour des choix climatiques). Malgré cette importante contribution, il n'existe actuellement aucune subvention ou aide à l'investissement pour quelque type de production de propane renouvelable que ce soit au Canada. Il existe des possibilités de soutien pour des utilisations limitées de propane renouvelable en remplacement de carburants de transport liquides par l'intermédiaire du programme Accélérateur net zéro (qui relève du Fonds stratégique pour l'innovation) ainsi qu'au titre du Règlement sur les combustibles propres et des normes sur les combustibles à faible teneur en carbone de la Colombie-Britannique. Toutefois, le programme Accélérateur net zéro offre un financement par voie de concours qui n'est pas garanti, qui est limité et qui n'est pas tenu de soutenir toutes les filières, tandis que le champ d'application du Règlement sur les combustibles propres et des normes de la Colombie-Britannique est étroitement limité, tant en ce qui concerne les obligations que les crédits de conformité.

Enfin, l'ACP pourrait également fournir un soutien général pour améliorer le profil des voies de décarbonation du propane renouvelable et des options technologiques : des rencontres, des forums de discussion et de l'information sur les obstacles à la

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

réglementation et à l'investissement. L'ACP pourrait aussi stimuler les échanges avec les institutions financières afin de susciter l'intérêt des décideurs pour le développement de projets de production de propane renouvelable et la réduction des primes de risque et des coûts de financement.

### *7.2 Recommandations visant à développer des marchés de choix verts pour le propane renouvelable*

L'ACP devrait étudier la manière dont les marchés de choix verts (à faible teneur en carbone) pour le propane renouvelable pourraient être établis et ainsi aider à identifier les consommateurs de propane qui sont capables et désireux de supporter des prix de l'énergie plus élevés à cause des avantages environnementaux (et autres) que le propane renouvelable procure. Étant donné que le propane est déjà un combustible de choix pour les collectivités éloignées où il y a déjà un coût de transport supplémentaire, il est possible que certains de ces marchés offrent un certain potentiel, par exemple les sites éloignés d'exploitation d'énergie et minière et les camps de chasse et de pêche.

Il existe déjà des marchés de choix verts pour d'autres biocarburants. Des producteurs de carburant aviation durable (SAF) sont liés par des contrats directs avec des compagnies aériennes pour l'approvisionnement des appareils. Cela se fait principalement par le biais d'un système de crédits; une fois les crédits SAF achetés par une compagnie aérienne, le carburant est consommé dans différents aéroports pour différents vols, à l'instar d'un système de compensation des émissions de carbone.

Des intervenants faisant partie du circuit de transport maritime mondial ont commencé à conclure des accords d'écoulement se rapportant à des combustibles et des carburants à faible intensité d'émission, comme le méthanol vert. Ainsi, OCI Global, le plus important producteur de méthanol vert au monde, a négocié des [accords d'écoulement pour ce produit](#) (page en anglais).

Les contrats d'achat et les accords d'écoulement à long terme peuvent être cruciaux pour rendre la production de propane renouvelable financièrement viable, car il se peut que d'autres sources d'encouragement à investir, comme la tarification du carbone, ne soient pas durables jusqu'à la fin des projets. Les grands consommateurs de propane qui ont des objectifs clairs en matière de décarbonation peuvent être de bons candidats pour des contrats d'achat ou des accords d'écoulement. Par exemple, les sociétés minières, pétrolières et gazières utilisent déjà des quantités importantes de propane sur des sites éloignés qu'il sera coûteux et difficile de décarboner. De plus, les gouvernements provinciaux et fédéral sont aussi de grands consommateurs de propane et pourraient élaborer des politiques d'achats publics vertes qui incluraient le propane renouvelable.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

En ce qui touche la production de propane renouvelable, il pourrait être essentiel que les contrats d'achat et les accords d'écoulement couvrent l'ensemble du continuum production-utilisation finale afin de garantir le soutien à long terme du marché pour tous les participants (c.-à-d. les producteurs, les distributeurs, les détaillants et les utilisateurs finals).

### ***7.3 Recommandations visant à rationaliser le cadre réglementaire à l'appui du propane renouvelable***

L'ACP devrait soutenir la rationalisation des politiques réglementaires et la réduction des formalités administratives qui alourdissent les processus d'approbation des projets, et soutenir la mise en place d'un cadre réglementaire qui favorise les investissements au Canada :

1. Réduire les délais d'obtention des autorisations requises pour les projets. Au Canada, les délais d'approbation finale peuvent atteindre trois à sept ans pour les grands projets, par exemple la construction de grandes bioraffineries, ce qui n'est pas compatible avec les objectifs de décarbonation pour 2030 et 2050. La rationalisation des demandes, des procédures et des processus réglementaires contribuera à réduire les risques inhérents aux projets, en particulier ceux qui se rapportent aux installations premières en leur genre, et à assurer leur réalisation.
2. Accélérer l'analyse de l'intensité en carbone du cycle de vie des voies de production de propane renouvelable, y compris celles qui sont adoptées en application du Règlement sur les combustibles propres du gouvernement fédéral.
3. Faire en sorte que les programmes réglementaires reconnaissent le propane renouvelable.
4. Promouvoir l'adoption d'une réglementation et de normes provinciales et fédérales concernant les mélanges avec le propane qui permettront le développement de voies de production de propane renouvelable permettant d'atteindre les marchés.
5. Élaborer, dans le cadre du système fédéral de compensation pour les GES, un protocole relatif aux biogaz qui reconnaît les avantages environnementaux des voies de production de propane renouvelable et pourrait permettre d'éviter les émissions de méthane.

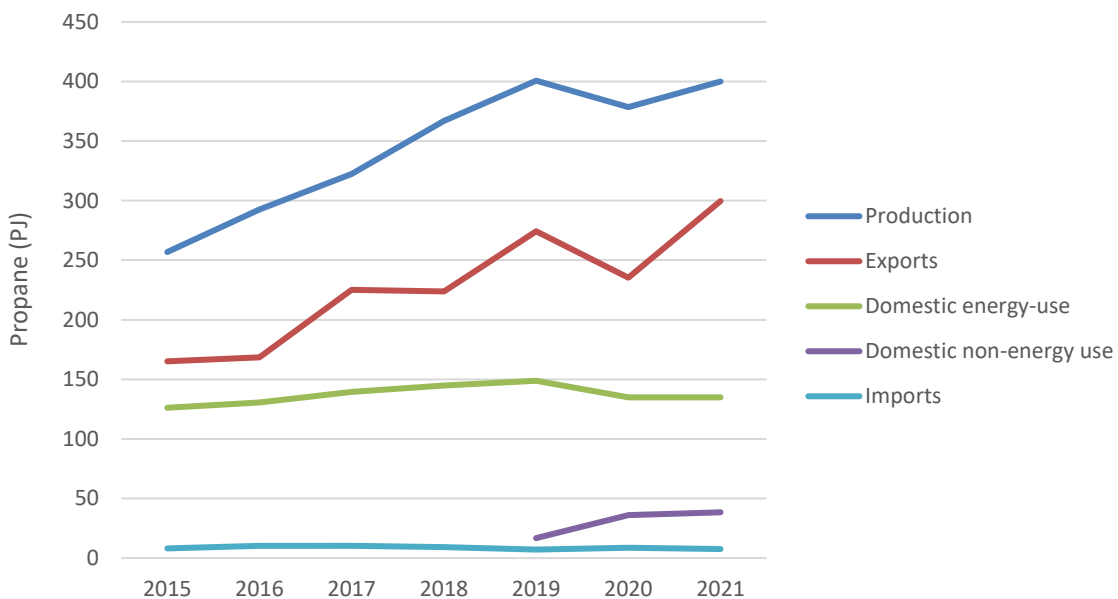
## ANNEXE A. La chaîne d'approvisionnement en propane canadien

### A.1 Production et utilisation du propane

Historiquement, plus de 90 % de la production de propane au Canada provient du traitement des LGN dans les usines de gaz naturel, le reste étant un coproduit issu des raffineries de pétrole. L'offre de propane provenant des raffineries a été relativement stable et limitée par la capacité totale de raffinage. La proportion de propane produit par rapport aux autres produits pétroliers finis n'est que d'environ 1 % en volume.

Au cours des dix dernières années, la production totale de propane à partir de champs gaziers et d'usines de chevauchement a considérablement augmenté au Canada. La majeure partie de cette production a été exportée aux États-Unis, car la demande est restée relativement stable pendant la même période. En 2021, les exportations ont atteint un sommet; elles comptaient pour 75 % de la production. La figure A.1 montre la tendance de l'offre et de la consommation intérieure de propane au Canada entre 2015 et 2021.

Figure A.1. Offre et consommation intérieure de propane au Canada, 2015-2021 (TJ)



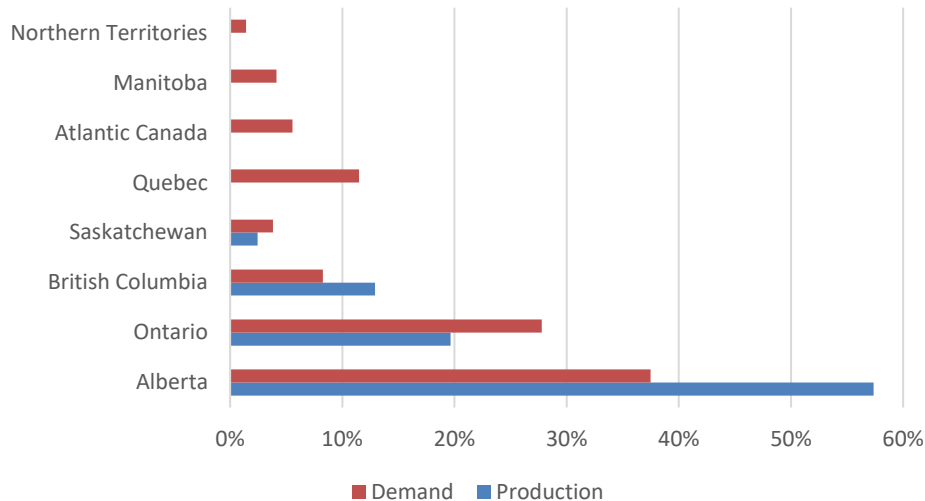
Source : Statistique Canada. [Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel](#)

[Propane (PJ) = Propane (PJ) Production = Production Exports = Exportations Domestic energy-use = Consommation énergétique intérieure Domestic non-energy use = Consommation non énergétique intérieure Imports = Importations]

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

L'essentiel de la production et de la demande de propane se situe en Alberta : en 2020, on y enregistrait 57 % de la production nationale de propane et 37 % de la demande intérieure du pays. L'Ontario occupe le deuxième rang, avec 20 % de la production et 28 % de la demande intérieure. Ces cinq dernières années, la production de LGN et de condensat a connu une hausse rapide en Colombie-Britannique, [la production annuelle moyenne ayant augmenté de 111 % de 2017 à 2022](#) (page en anglais) à mesure que les exploitations de la formation Montney ciblaient davantage de zones riches en liquides. Les annonces de nouveaux projets par d'importants exploitants de la province indiquent que la production de liquides continuera d'augmenter pendant le reste de la décennie. La figure A.2 présente le profil de la production et de la demande de propane par région en 2020.

Figure A.2. Production et demande de propane au Canada, par région, en 2020 (%)



Source : ACP. Tableau de bord – Profils par région. Version finale, mai 2022.

[Northern Territories = Territoires du Nord-Ouest Atlantic Canada = Canada atlantique Quebec = Québec British Columbia = Colombie-Britannique Demand = Demande Production = Production]

L'amont de la chaîne d'approvisionnement en propane est dominé par quelques grands producteurs qui exploitent la majeure partie de la capacité de fractionnement du Canada. Il existe également des producteurs plus petits, notamment des entreprises qui exploitent des raffineries de pétrole et des installations de valorisation du bitume. Ainsi, cinq producteurs seulement représentent plus de 50 % du gaz naturel produit par les usines de traitement en Alberta et en Colombie-Britannique.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

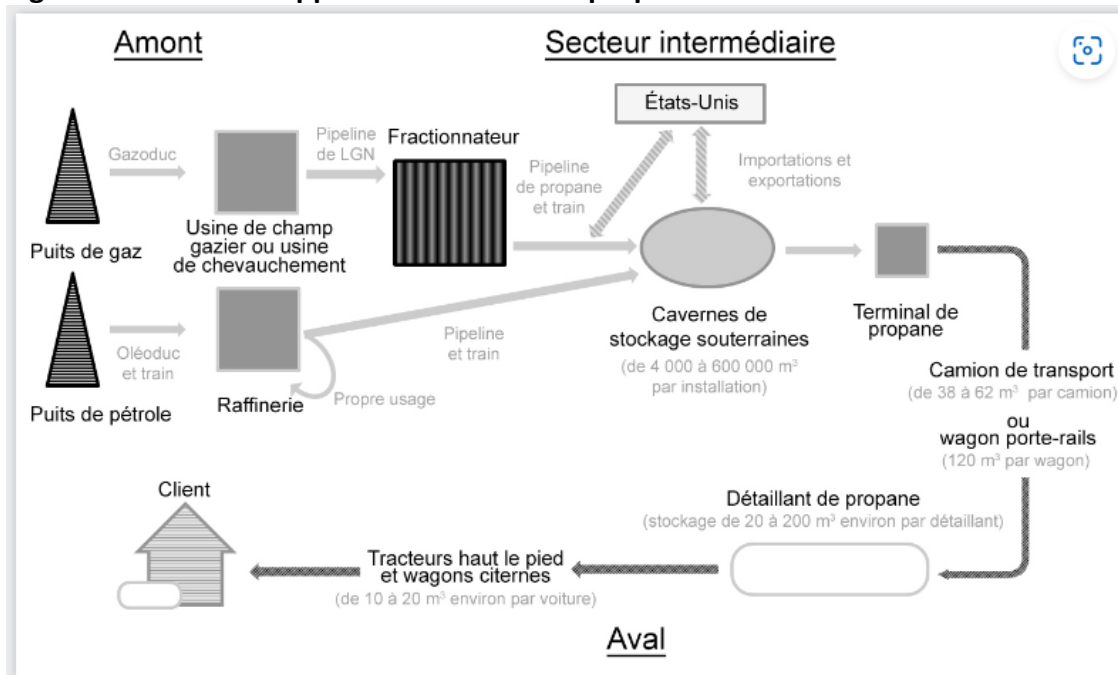
**Tableau A.1. Distribution de la production des exploitants d'installations de traitement du gaz naturel en Alberta et en Colombie-Britannique**

Quartile	Nombre de producteurs dans chaque quartile	Volume de vente moyen estimé (unités) des membres dans chaque quartile
1 <sup>er</sup> quartile	2	2 500 000
2 <sup>e</sup> quartile	3	1 750 000
3 <sup>e</sup> quartile	5	850 000
4 <sup>e</sup> quartile	80	45 000

### A.2 Le propane – Chaîne d'approvisionnement et demande

La majeure partie du propane est transportée par rail ou par pipeline vers les marchés d'exportation ou, s'il est utilisé à l'intérieur du pays, vers des cavernes de stockage souterraines avant d'être éventuellement distribué par rail et par camion de transport vers les terminaux de propane et les détaillants en aval. La distribution finale du propane aux clients se fait généralement par des camions-citernes et des wagons-citernes.

**Figure A.3. Chaîne d'approvisionnement en propane du Canada**

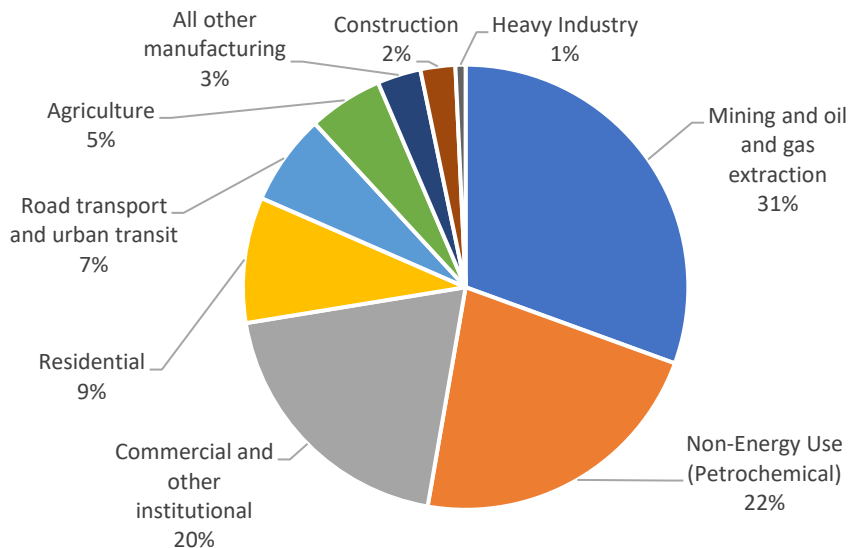


Source : Office national de l'énergie (2014). Examen du marché du propane. Consulté à [https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/sources-denergie-reseau-distribution/combustibles-fossils/secteur-du-raffinage-au-canada/examen-du-marche-du-propane-rapport-final/15960?\\_gl=1\\*11ge39u\\*\\_ga\\*NTE5MTE4NzU5LjE2NDU0NTkwNDU.\\*\\_ga\\_C2N57Y7DX5\\*MTcwNzA2MzkyNS40MC4wLjE3MDcwNjM5MjUuMC4wLjA.#a3a](https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/sources-denergie-reseau-distribution/combustibles-fossils/secteur-du-raffinage-au-canada/examen-du-marche-du-propane-rapport-final/15960?_gl=1*11ge39u*_ga*NTE5MTE4NzU5LjE2NDU0NTkwNDU.*_ga_C2N57Y7DX5*MTcwNzA2MzkyNS40MC4wLjE3MDcwNjM5MjUuMC4wLjA.#a3a)

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Au Canada, la demande de propane est très diversifiée, et ce gaz trouve de nombreux usages. En 2021, l'utilisation à des fins énergétiques représentait environ 78 % de la demande totale, le reste, 22 % de la demande totale, étant lié à l'utilisation du propane comme matière première dans la fabrication de produits chimiques et de matières plastiques. Le plus grand utilisateur de propane est le secteur de l'extraction minière, pétrolière et gazière, qui représente 31 % de la demande totale. La majeure partie de cette énergie est consommée par les producteurs de pétrole et de gaz en amont et n'atteint jamais les détaillants en aval. Le secteur commercial et institutionnel représente une autre grande utilisation finale du propane en aval, avec 20 % du total. La majeure partie de ce propane est utilisée pour le chauffage des locaux et de l'eau. Le chauffage résidentiel, le chauffage de l'eau et la cuisson représentent environ 9 % de la demande intérieure totale de propane. Les transports, l'agriculture, la fabrication, la construction et les industries lourdes constituent le reste de la demande d'énergie, comme le montre la figure A.4.

**Figure A.4. Demande de propane par secteur au Canada (2021)**



Source : Statistique

Canada. [https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002601&request\\_locale=fr](https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002601&request_locale=fr)

[All other manufacturing = Tout autre type de fabrication Construction = Construction Heavy Industry = Industrie lourde Mining and oil and gas extraction = Extraction minière, de pétrole et de gaz Non Energy Use (Petrochemical) = Usage non énergétiques (produits pétrochimiques) Commercial and other institutional = Commerces et autres institutions Residential = Résidentiel Road transport and urban transit = Transport commercial et en commun Agriculture = Agriculture]

Comme les producteurs en amont, les détaillants en aval sont dominés par un petit nombre d'acteurs; toutefois, il existe de nombreux petits acteurs actifs, ce qui indique que le marché n'est pas consolidé. L'ACP, par exemple, compte 140 membres qui sont des détaillants, mais trois d'entre eux représentent près de 50 % du volume des ventes.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

**Tableau A.2. Distribution des volumes de vente des détaillants membres de l'ACP, 2023**

Distribution	Nombre de membres	Volume de vente moyen estimé (m <sup>3</sup> ) par membre
50 % du volume des ventes (1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> quartiles)	3	1 000 000
3 <sup>e</sup> quartile	12	90 000
4 <sup>e</sup> quartile	125	8300

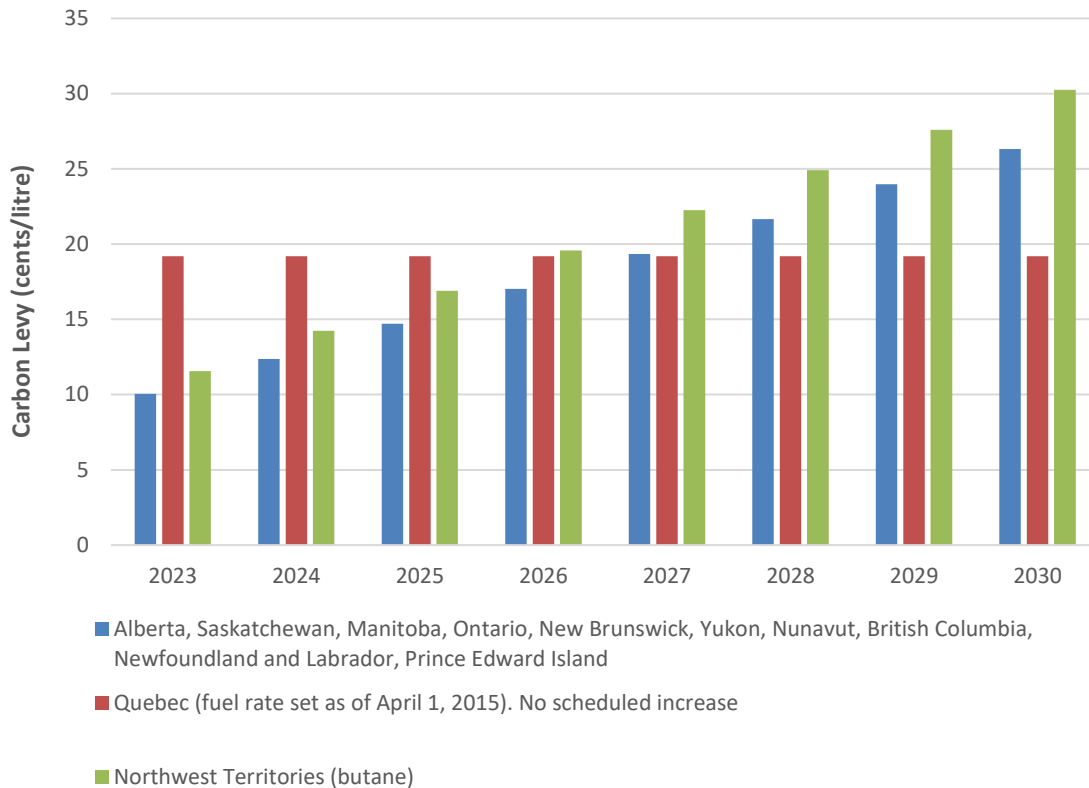
Source : ACP (2023). Membres et volumes des ventes.

### **A.3 État de la conformité du propane à la réglementation**

Le propane, comme tous les combustibles classiques couverts par la redevance sur les combustibles en vertu de la *Loi sur la tarification de la pollution causée par les gaz à effet de serre*, est assujéti à une « taxe sur le carbone » imposée aux distributeurs de combustibles qui reflète une hausse de la tarification fédérale du carbone de 65 \$ par tonne d'équivalent dioxyde de carbone (éq. CO<sub>2</sub>) en 2023 à 170 \$ par tonne d'ici 2030. Les redevances fédérale et provinciales sur le carbone peuvent varier en fonction des différentes politiques de tarification du carbone, et il existe des exemptions de taxes sur les combustibles dans certains cas mais, en général, le propane vendu au Canada est touché par les taux indiqués dans la figure A.3.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Figure A.3. Redevances fédérale et provinciales sur le carbone (cents/litre)



Source : [Agence du revenu du Canada. Consulté le 8 septembre 2023.](#)

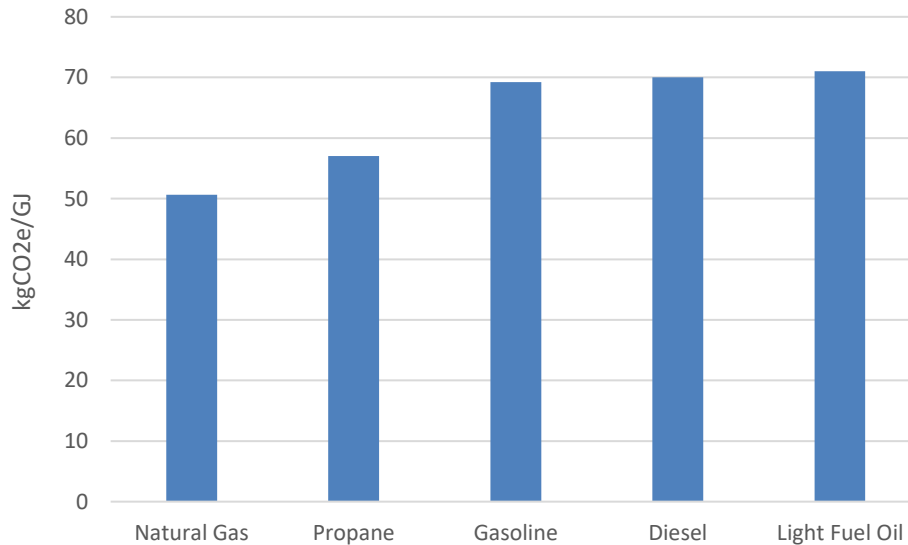
[Carbon Levy (cents/litre) = Redevance sur le carbone New Brunswick = Nouveau-Brunswick British Columbia = Colombie-Britannique Newfoundland and Labrador = Terre-Neuve-et-Labrador Prince Edward Island = Île-du-Prince-Édouard Quebec (fuel rate set as of April 1, 2015). No scheduled increase = Québec (au 1<sup>er</sup> avril 2015). Aucune hausse prévue. Northwest Territories (butane) = Territoires du Nord-Ouest (butane)]

Actuellement, le propane n'est pas un combustible visé par le Règlement sur les combustibles propres du gouvernement fédéral ni par la norme sur les carburants à faible teneur en carbone de la Colombie-Britannique.

### Annexe B. Émissions sur l'ensemble du cycle de vie des options de recharge au propane classique et au propane renouvelable

L'intensité des émissions directes (ou attribuables à la combustion) provenant de la production du propane classique par unité d'énergie est inférieure à celle des émissions provenant de la plupart des autres combustibles largement distribués au Canada (voir la figure 5). Dès lors, le propane est actuellement un choix respectueux de l'environnement pour de nombreuses utilisations finales qui ne sont pas en concurrence directe avec l'électricité.

**Figure 5. Comparaison relative de l'intensité des émissions directes provenant des combustibles communs au Canada en 2021 (kg éq. CO<sub>2</sub>/GJ PCS)**



Source : [ECCC \(2023\). Rapport d'inventaire national 1990-2021 Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada.](#)

[kgCO<sub>2</sub>e/GJ = kg éq. CO<sub>2</sub>/GJ Natural Gas = Gaz naturel Propane = Propane Gasoline = Essence Diesel = Diesel Light Fuel Oil = Mazout léger]

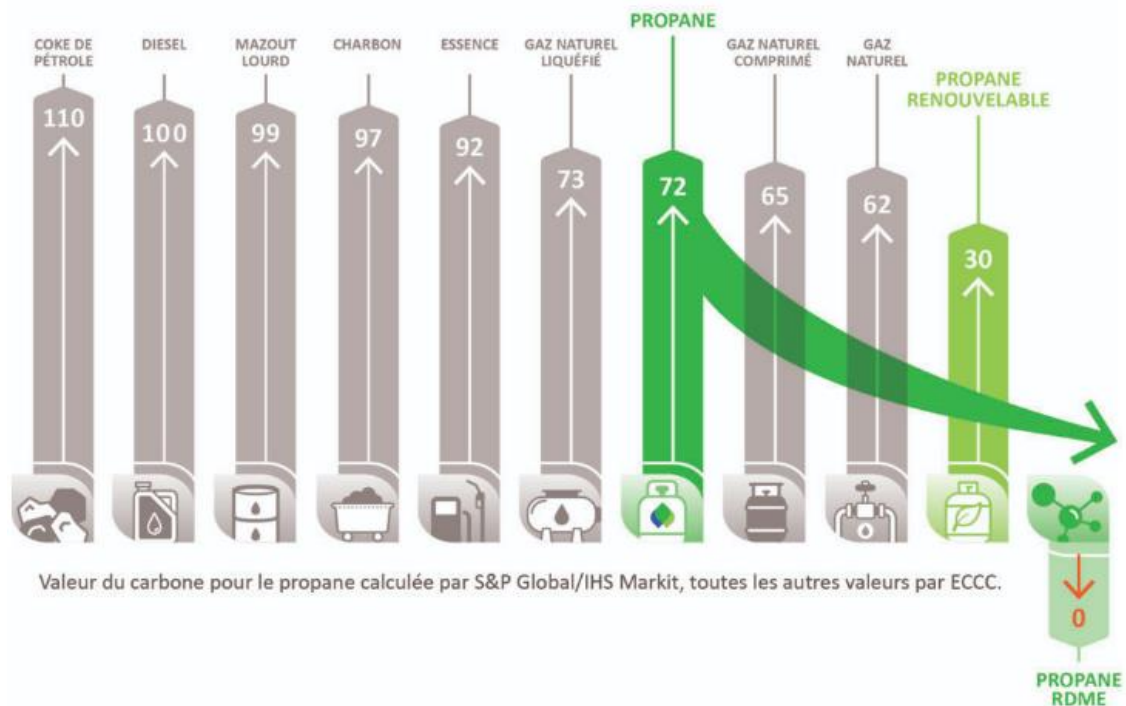
Sur l'ensemble du cycle de vie, l'intensité des émissions provenant du propane du Canada est également faible par rapport à celle des émissions provenant des autres combustibles. En 2021, l'ACP a commandé une étude à S&P Global ([voir le rapport, en anglais](#)) pour déterminer l'intensité des émissions sur le cycle de vie par rapport aux importantes voies de production de propane au Canada. Selon cette étude, les émissions moyennes sur le cycle de vie du propane vendu au pays était de 72 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ. Comme l'indique la figure 6, cette valeur se compare favorablement à celle propre aux autres combustibles.

D'autres sources de données sur l'intensité des émissions des combustibles sur le cycle de vie varient selon la méthode d'analyse employée et la filière considérée. Il

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

est important de noter que l'intensité des émissions sur le cycle de vie au Canada est inférieure aux estimations pour d'autres pays, car notre propane est principalement produit à partir de liquides de gaz naturel récupérés lors du traitement du gaz naturel brut. L'intensité des émissions sur l'ensemble du cycle de vie est donc inférieure à celle du propane qui est un sous-produit du raffinage du pétrole brut. Des émissions en amont inférieures à la moyenne, lesquelles proviennent du cotraitement et de la séparation du gaz naturel, contribuent également à la faible intensité moyenne des émissions au Canada.

**Figure 6. Intensités des émissions sur le cycle de vie de différentes sources d'énergie classiques et du propane renouvelable au Canada (g éq. CO<sub>2</sub>/MJ)**  
**Valeurs d'intensité carbone (g CO<sub>2</sub>e/MJ) pour les sources d'énergie**



Source : [ACP 2023](#)

Bien qu'il soit raisonnable de croire que la valeur d'intensité des émissions sur le cycle de vie est de 72 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ pour le propane au Canada, il convient de noter que le Règlement sur les combustibles propres du gouvernement fédéral utilise une valeur par défaut de 76 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ. Or cette valeur est basée sur l'intensité d'émission la plus élevée associée à la production de propane en tant que sous-produit du raffinage, lequel représente moins de 10 % de l'approvisionnement en propane au Canada.

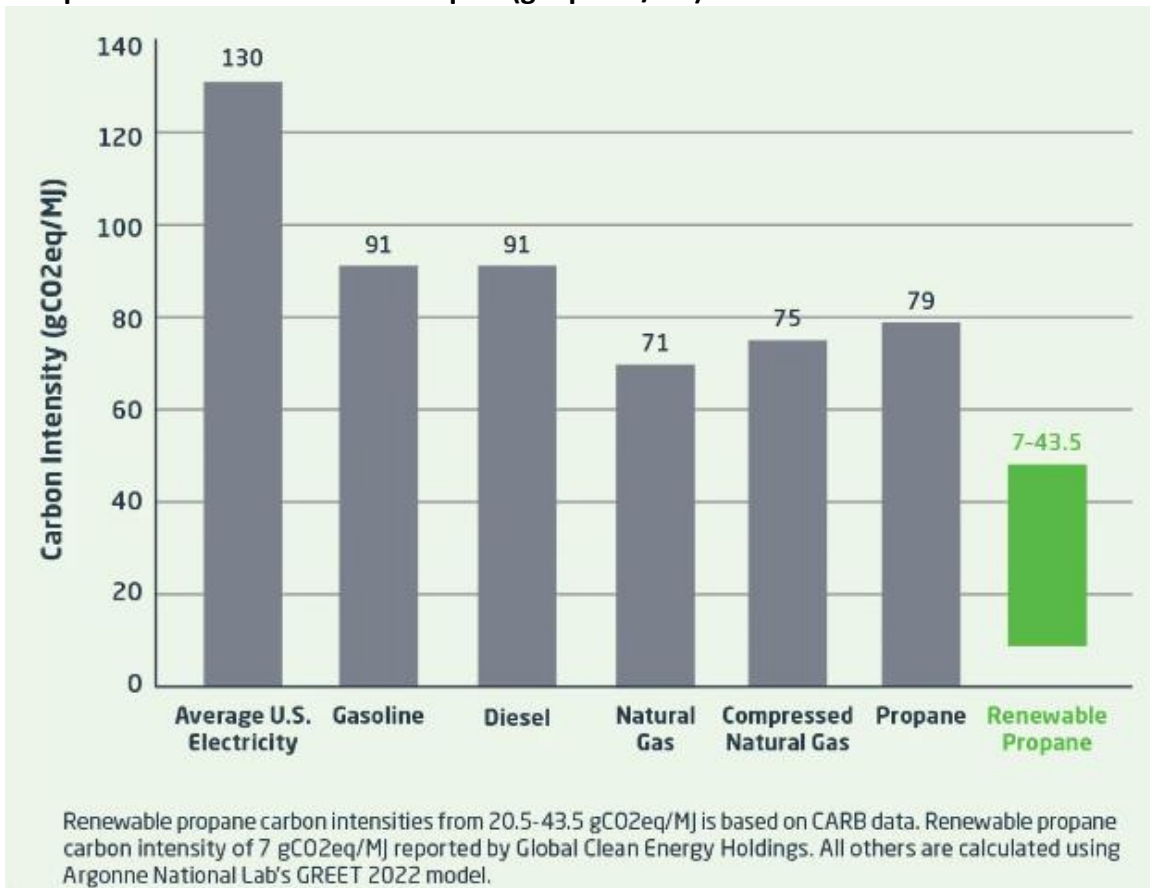
Le propane présente également un avantage supplémentaire sur la base du cycle de vie par rapport au gaz naturel. Contrairement au gaz naturel, le propane ne contribue pas aux émissions fugitives de méthane en aval ni aux fuites dues au transport, à la

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

distribution, au stockage, à l'alimentation en carburant et à l'utilisation. Les émissions fugitives en aval à partir du gaz naturel sont des rejets de méthane – un gaz à effet de serre dont le potentiel de réchauffement global (PRG) sur 100 ans est environ 28 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone – alors que le PRG du propane en cas de fuite est négligeable. Ces émissions fugitives de méthane en aval provenant de l'utilisation du gaz naturel contribuent à hauteur d'environ 3 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ sur la base des utilisations finales du gaz naturel sur le cycle de vie.

L'intensité des émissions provenant du propane renouvelable sur l'ensemble du cycle de vie équivaut généralement à moins de la moitié de celle des émissions provenant du propane classique. Et, dans certaines conditions, l'intensité des émissions sur le cycle de vie peut même être négative, ce qui signifie que le propane renouvelable retire de l'environnement plus de carbone ou de GES qu'il n'en produit par le biais de la séquestration. La figure 7 indique une plage d'intensités en carbone comprise entre 7 et 43,5 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ correspondant à différentes voies de production du propane renouvelable certifiées dans le cadre du programme CARB (California Air Resources Board).

**Figure 7. Comparaison entre l'intensité des émissions provenant du propane renouvelable certifiées dans le cadre du programme CARB et celle des émissions à partir de combustibles classiques (g éq. CO<sub>2</sub>/MJ)**



## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Source : [Propane Education and Research Council 2023](#)

[Carbon Intensity (gCO<sub>2</sub>eq/MJ) = Intensité en carbone (g éq. CO<sub>2</sub>/MJ) Average U.S. Electricity = Moyenne – Électricité É.-U. Gasoline = Essence Diesel = Diesel Natural Gas = Gaz naturel Compressed Natural Gas = Gaz naturel comprimé Propane = Propane Renewable Propane = Propane renouvelable]

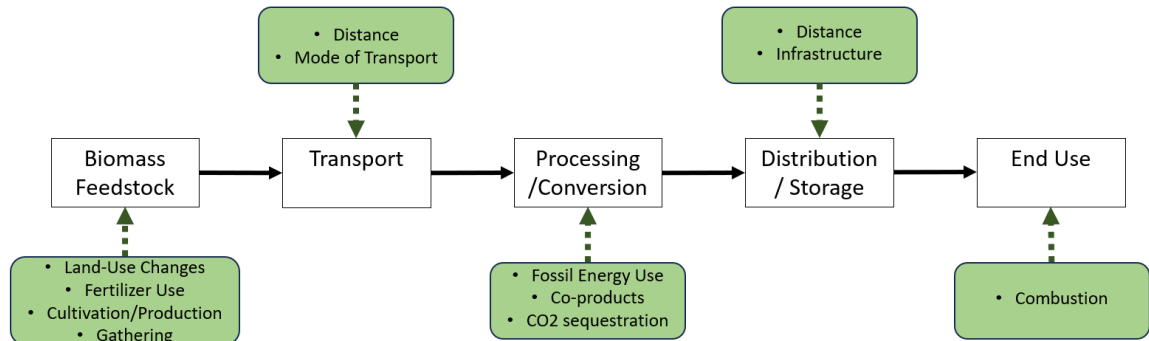
[Renewable propane carbon intensities... = Les intensités en carbone issues du propane renouvelable de 20,5 à 43,5 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ sont basées sur les données du programme CARB. Celle de 7 g. éq. CO<sub>2</sub>/MJ est rapportée par la société Global Clean Energy Holdings. Toutes les autres ont été calculées à l'aide du modèle GREET 2022 de l'Arbonne National Lab (États-Unis).]

L'IC du propane renouvelable dépend en grande partie du choix des matières premières, de l'efficacité du processus et de l'existence éventuelle de produits intermédiaires ou de processus supplémentaires qui séquestrent le carbone. Par exemple, pour l'hydrotraitement des huiles végétales et des graisses animales, l'IC se situe entre 20 et 60 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ selon la nature de l'huile utilisée (p. ex., huile soja, huile de maïs ou huile de cuisson usée). La valeur de l'IC peut être nulle ou négative seulement lorsque le carbone est stocké ou séquestré dans d'autres produits. Des IC aussi basses que -200 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ ont été rapportées pour des biocarburants dérivés de bio-méthane non gérés (par exemple, le fumier agricole), car le projet repose sur l'hypothèse selon laquelle la base de référence serait le rejet de méthane dans l'atmosphère plutôt que la capture du méthane et sa conversion en carburant. Bien que ces IC négatives élevées existent dans le cadre de programmes tels que celui géré par le CARB (California Air Resources Board), on peut se demander si le scénario de référence (rejet non atténué de méthane dans l'atmosphère) est susceptible de rester la pratique courante au fil du temps.

L'IC du propane renouvelable dépend des émissions mesurées à différentes étapes de son cycle de vie comme l'indique la figure 8. Les contributions dominantes pour les voies de production de propane renouvelable sont généralement les émissions et le traitement de la biomasse utilisée comme matière première, ainsi que les émissions provenant de la conversion de forêts. Toutefois, si la biomasse n'a pas besoin d'être cultivée, comme c'est le cas pour les biogaz provenant de déchets, ses contributions peuvent être faibles. Certaines voies peuvent également séquestrer le CO<sub>2</sub> et éliminer le carbone, ce qui peut également réduire considérablement l'IC et parfois aboutir à des valeurs négatives de l'IC.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Figure 8. Étapes du cycle de vie des biocombustibles et des principaux contributeurs à l'IC



[Land-Use Changes = Changements de l'utilisation des terres Fertilizer Use = Utilisation d'engrais  
 Cultivation/Production = Culture/production Gathering = Collecte Biomass Feedstock = Biomasse  
 Distance = Distance Mode of Transport = Mode de transport = Transport Processing/Conversion =  
 Traitement/conversion Fossil Energy Use = Utilisation d'énergie fossile Co-products = Co-produits  
 CO2 sequestration = Séquestration de CO<sub>2</sub> Distance = Distance Infrastructure = Infrastructure  
 Distribution/Storage = Distribution/Stockage End Use = Utilisation finale Combustion = Combustion]

### Annexe C. Voies de production de propane renouvelable

Le propane classique et le propane renouvelable peuvent être produits à partir de la même biomasse et leurs caractéristiques physiques sont les mêmes, de sorte que la différence entre les deux est subtile. La différence découle de la production de biodiesel et de diesel renouvelable, qui sont produits par des procédés différents et ont des propriétés différentes (teneur en énergie, teneur en oxygène). Ces mêmes procédés permettent également de produire du propane classique et du propane renouvelable; dans les deux cas, les molécules sont les mêmes et la seule raison de les distinguer est à des fins de traçabilité.

Le propane renouvelable est produit dans des bioraffineries par un procédé appelé hydrotraitement. Si la bioraffinerie co-traite du pétrole brut classique (ce qui est courant), le propane produit contient un mélange de carbone fossile et de carbone biogénique (provenant de sources de biomasse). Les fractions de propane contenant du carbone biogénique et du carbone fossile ont les mêmes propriétés physiques, mais pour calculer l'IC du produit mixte, il est important de pouvoir distinguer le ratio à l'entrée, de là l'appellation de propane renouvelable.

Les voies de production décrites ci-après se rapportent à la figure 2 du présent rapport. Elles sont basées sur des recherches réalisées par [Chen et al. \(2021\)](#), [Johnson E., \(2019\)](#), [Argus \(2022\)](#) et [PERC \(2023\)](#). [Des experts du Propane Education and Research Council et de la World Liquid Gas Association ont révisé le présent rapport et apporté des points de vue et de l'information supplémentaires.](#)

#### Voie 1. Hydrotraitement d'huiles végétales et de graisses animales

Dans cette technologie, le propane renouvelable est un dérivé de la production de biodiesel. L'huile végétale est transformée en paraffine par hydrogénation catalytique directe. La chaîne de glycérine du triglycéride de l'huile végétale est hydrogénée pour produire du propane. Le procédé retire l'oxygène de l'huile de sorte que le diesel n'est pas un composé oxygéné comme l'est l'ester méthylique d'acide gras (EMAG), traditionnellement gras. La technologie est souple, autorisant l'utilisation de n'importe quelle huile végétale ou huile usée.

Étant donné que le procédé implique l'application d'hydrogène, la production de biocarburants à émissions presque nulles nécessite également la production d'hydrogène vert. Le procédé se prête bien à une intégration dans les raffineries existantes, car les procédés, les équipements et les infrastructures sont similaires. À l'heure actuelle, le propane renouvelable produit à partir d'huile végétale hydrogénée dans les bioraffineries au Canada n'est généralement pas séparé des autres gaz résiduels, et le propane renouvelable et les gaz résiduels sont utilisés pour la production de chaleur sur place ou

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

à proximité, ou comme matières premières pour la production d'hydrogène. Le captage du propane renouvelable commercialisable nécessite des unités de purification supplémentaires pour séparer le propane renouvelable et le commercialiser.

### Voie 1. Description de l'hydrotraitement d'huiles végétales ou de graisse animales

Description de la voie et de la technologie	<p>L'hydrogénation catalytique directe de l'huile végétale produit du propane.</p> <p>Le procédé se prête bien à une intégration dans les raffineries existantes, car les procédés, les équipements et les infrastructures sont similaires.</p>
Niveau de maturité technologique (NMT)	<b>NMT 9</b> (De nombreuses installations à grande échelle sont en exploitation et de nombreux fournisseurs de technologie sont actifs.)
Produits	<p>Le produit primaire est généralement du biodiesel ou du carburant aviation durable. Le propane renouvelable est un sous-produit ayant un rendement de 2 à 7 %. Dans la plupart des applications, il n'est pas séparé des autres effluents gazeux et il sert à produire de la chaleur ou comme matière première pour la production d'hydrogène.</p> <p>Le captage du propane renouvelable commercialisable nécessite des unités de purification supplémentaires pour séparer le propane renouvelable et le commercialiser.</p>
Matières premières requises	<p>Huiles végétales ou graisses animales.</p> <p>Il peut être difficile d'obtenir d'importantes quantités additionnelles d'huile végétale ou de graisses animales en raison de la concurrence avec le commerce des produits agricoles et de la forte utilisation des graisses animales existantes.</p> <p>Il est également possible d'utiliser des huiles à base de bois au moyen de la technologie HVO. UPM, un producteur de biocombustibles à partir de bois, a construit la première bioraffinerie du monde qui produit du diesel renouvelable à l'aide de cette technologie. De petites quantités de propane renouvelable comptent parmi les sous-produits de la production, mais ne sont pas vendues séparément des autres effluents gazeux servant à produire l'énergie de procédé.</p>
Évolutivité	Les plus grandes quantités produites s'élèvent à environ 100 000 tonnes par année.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Développeurs de technologie actifs et déploiement	Neste a été la première entreprise à exploiter une installation à grande échelle en 2015. Depuis, ENI et d'autres importantes sociétés énergétiques exploitent plus de 10 installations à grande échelle dans le monde, bien que seulement quelques-unes récupèrent du propane renouvelable commercialisable.
Intensité des émissions	Selon le programme CARB, l'intensité des émissions propres à cette voie de production aux États-Unis oscille entre 20 et 43 g éq. CO <sub>2</sub> /MJ selon le type d'huile et l'énergie utilisés pour le traitement et les émissions liées aux transports.

### Voie 2. Gazéification de la biomasse

La gazéification de la biomasse est une voie technologique mature qui utilise un processus contrôlé utilisant de la chaleur, de la vapeur et de l'oxygène pour convertir la biomasse – par combustion partielle avec une quantité contrôlée d'oxygène, une pression élevée et une température élevée – en un gaz de synthèse qui est ensuite transformé en différents produits.

Le propane renouvelable peut être un sous-produit de diverses technologies de gazéification utilisé pour la production de produits tels que le méthanol, le DME, l'essence et le diesel. Les rendements dépendent de la composition du gaz de synthèse, du type et de la température de procédé et du catalyseur utilisé. Plusieurs technologies de sous-gazéification sont en cours de développement pour la production de propane renouvelable.

#### Voie 2a. Gazéification et conversion en combustibles liquides et en bio-DME en présence de méthanol pour la production de propane renouvelable

Du bio-DME est produit par la conversion de la biomasse en un gaz synthétique (gazéification) puis converti en DME par un procédé en deux étapes en présence de méthanol. Il existe également des procédés en une étape, comme ceux mis au point par Haldor Topsoe Inc. et la Japan Synthesis Gas (JGS) Company, qui exploite une unité de traitement assurant la synthèse du méthanol et la déshydratation, ce qui élimine l'étape intermédiaire de synthèse du méthanol et laisse anticiper des gains d'efficacité et des réductions de coûts. JGS a fait la démonstration de deux catalyseurs pouvant produire des rendements de 50 à 85 % de GPL bio.

La technologie de conversion du méthanol en essence (MTG), un procédé de liquéfaction indirecte, implique la gazéification de tout type de combustible classique ou de biomasse pour produire du gaz de synthèse, qui est ensuite converti en méthanol brut et en bioessence à faible teneur en soufre et en benzène ou en biodiesel dans des étapes distinctes. La technologie MTG a été utilisée pour la première fois par ExxonMobil pour

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

convertir le méthanol en essence. Selon la configuration de l'usine et la composition du gaz de synthèse, le rendement en propane renouvelable peut atteindre 30 %.

### Voie 2b. Gazéification Fischer-Tropsch

Le gaz de synthèse issu de la biomasse peut également être transformé en liquides à l'aide de la technologie Fischer-Tropsch bien connue, qui consiste à synthétiser ce gaz en hydrocarbures liquides en le faisant passer dans un réacteur contenant des catalyseurs. Toutefois, la production de GPL à partir de ce processus est faible, puisqu'elle ne représente que quelques pour cent de la production totale d'hydrocarbures. Une large gamme de matières premières peut être utilisée, dont la biomasse ligneuse et la biomasse résiduelle. Bien que le procédé Fischer-Tropsch soit parvenu à maturité pour le traitement de la biomasse, les exigences de pureté élevée du gaz de synthèse pour protéger les catalyseurs sont difficiles à satisfaire et les problèmes d'encrassement sont considérables, ce qui a empêché une démonstration commerciale réussie.

La société Fulcrum Bioenergy exploite une usine pilote à Reno, au Nevada, qui a commencé à produire du pétrole brut synthétique à partir de déchets de sites d'enfouissement; cependant, rien n'indique qu'elle envisage de produire du propane renouvelable, car elle se concentre sur le SAF.

### Voie 3. Hydrotraitement et pyrolyse

La pyrolyse implique la décomposition thermique de composés organiques, tels que le bois et les déchets agricoles, pour créer de l'huile pyrolytique (ou biobrut), qui peut ensuite être hydrotransformée en essence, en diesel et/ou en kérosène. Le GPL (propane et butane), un sous-produit des deux étapes, représente environ 10 à 15 % du rendement en poids. La technologie IH<sup>2</sup> de transformation de la biomasse en liquide de Shell utilise l'hydroconversion et l'hydropyrolyse rapides pour produire de l'essence et du GPL avec un rendement de 10 %. Cette technologie a été développée dans une usine de démonstration mais elle n'a pas atteint le stade de la commercialisation, et son développement a peut-être été suspendu.

L'entreprise canadienne Ensyn a mis au point la technologie appelée traitement thermique rapide qui fait appel à un procédé de pyrolyse rapide comprenant le craquage thermique de biomasse ligneuse dégageant des gaz et des vapeurs. Les rendements du traitement d'une biomasse sèche (taux d'humidité de 8 %) sont d'environ 65 à 80 % de liquide en poids, avec 12 à 16 % de résidus de carbonisation et de gaz combustible respectivement, y compris de petites quantités de propane renouvelable.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

### **Voie 4. Synthèse catalytique de propane renouvelable ou de rDME à partir de biogaz**

La production de biogaz par digestion anaérobie et captage de gaz d'enfouissement est une technologie mature. Le biométhane peut être séparé de ce biogaz, puis reformé pour produire un gaz de synthèse par des voies non thermiques utilisant des catalyseurs.

#### **Voie 4a. Production de propane renouvelable par reformage catalytique et valorisation hautement sélective**

La technologie CoolLPG mise au point par le Global LPG Partnership propose d'utiliser les biogaz générés par la décomposition anaérobie de déchets biologiques (p. ex., du fumier et des eaux usées) pour produire du propane renouvelable par reformage catalytique et valorisation sélective afin d'obtenir une concentration élevée de propane et de biobutane renouvelables. Le procédé est basé sur du méthanol utilisé comme intermédiaire, et comme il est sélectif, il sert directement à la production de propane renouvelable.

#### **Voie 4b. Production de rDME par distillation catalytique**

Oberon exploite une installation pilote qui a produit du rDME par distillation catalytique à partir de déchets de biogaz.

### **Voie 5. Conversion de glycérine (glycérol)**

Des travaux de recherche-développement se poursuivent concernant la conversion de glycérine (parfois appelée glycérol) – un résidu de la production de biodiesel à l'aide de procédés traditionnels de première génération qui produisent de l'EMAG – en des formes d'énergie de haute valeur telles que le propane renouvelable.

La glycérine peut également être transformée en propane renouvelable ou en bio-DME par hydrogénation. Il est également possible de convertir le DME en GPL en utilisant de l'hydrogène et des catalyseurs, mais cette technologie n'a pas encore été commercialisée.

### **Voie 6. Utilisation de sucre et d'amidon**

On peut utiliser du sucre et de l'amidon comme matières premières pour la production de propane renouvelable.

#### **Voie 6a. Fermentation**

La fermentation des sucres est une voie qui peut conduire à la production de propane renouvelable. Elle est largement pratiquée pour produire du bioéthanol à partir de cultures telles que le maïs et la canne à sucre. Toutefois, même si des technologies de

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

conversion de l'éthanol en GPL sont disponibles via différentes voies de couplage et de synthèse de l'éthanol, la valeur marchande du bioéthanol ou des intermédiaires de bio-oléfines est plus élevée que le GPL produit de sorte que cette technologie n'est pas une voie prometteuse. Une entreprise polonaise, Ekobnz, transforme actuellement de petites quantités de bioéthanol produit par fermentation en bio-GPL par conversion catalytique.

La société Global Bioenergies a démontré un procédé de conversion de sucrose en isobutène à partir de microorganismes génétiquement modifiés, mais cette technologie ne semble pas être encore commercialisée.

Un procédé chimique permettant de fabriquer du propane à partir de maïs ou de canne à sucre a également été mis au point par C3 BioEnergy, une entreprise basée à Cambridge. Ce procédé utilise de l'eau supercritique – à température et pression élevées – pour faciliter les réactions chimiques qui transforment en propane renouvelable les produits de la fermentation des sucres présents dans le maïs ou la canne à sucre.

### Voie 6b. Reformage en phase aqueuse

Le reformage en phase aqueuse implique la transformation catalytique de sucres végétaux solubles en essence et en diesel, le propane renouvelable étant un sous-produit (rendement inconnu). On s'attend à ce qu'une grande partie, voire la totalité, du GPL produit soit utilisée pour la production de chaleur de procédé, bien qu'il puisse, en principe, être séparé des flux gazeux et commercialisé séparément. Bien que quelques projets pilotes (Tesoro) aient démontré l'existence de cette voie de production, il ne semble pas que des efforts soient actuellement déployés pour la commercialiser.

La technologie de conversion de sucres en hydrocarbures aromatiques (S2A) a produit du kérosène aromatique de synthèse pouvant remplacer le SAF. Cette technologie pourrait aussi produire des quantités significatives de propane renouvelable.

### Voie 6. Description de la fermentation

Description de la voie et de la technologie	Conversion principalement de sucres ou d'amidon en bioéthanol par fermentation puis couplage avec du bio-butadiène ou des bio-oléfines avant l'hydrogénation produisant du propane renouvelable.
Niveau de maturité technologique (NMT)	<b>NMT 5</b> (Les procédés de conversion du bioéthanol en propane renouvelable sont bien connus, mais leur coût élevé constitue un obstacle à leur mise en œuvre.)
Produits	Le bio-butadiène, les bio-oléfines et les bio-alcools intermédiaires peuvent avoir une valeur marchande telle que des procédés de conversion supplémentaires en propane renouvelable ne soient pas rentables.

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

Matières premières requises	Principalement des sucres et de l'amidon, ce qui peut nécessiter l'exploitation de terres agricoles spécialement pour la culture des plantes énergétiques. Toutefois, la fermentation du gaz de synthèse à partir de biomasse cellulosique a également été réalisée.
Évolutivité	Le procédé est actuellement à l'échelle laboratoire ou pilote.
Développeurs de technologie actifs et déploiement	Les seules preuves de l'exploitation commerciale du procédé sont de petites quantités produites par Ekobenz, le produit principal étant le bioéthanol.
Intensité des émissions	Les valeurs de l'intensité des émissions ne sont pas connues pour cette voie de production, mais celle-ci est probablement plus élevée que celle propre au bioéthanol, laquelle, selon le CARB, oscille entre 21 et 50 g éq. CO <sub>2</sub> /MJ selon la source d'énergie utilisée et les émissions en amont issues de la production de maïs.

### Voie 7. Électrocarburants

La voie des électrocarburants consiste à faire réagir du dioxyde de carbone avec de l'hydrogène renouvelable pour créer de l'électropropane. Le dioxyde de carbone ambiant peut être capté directement dans l'air ou dans les gaz d'échappement de combustion (par exemple, dans une centrale électrique). L'hydrogène renouvelable peut être produit par hydrolyse de l'eau à l'aide d'une électricité à faible teneur en carbone alimentée par l'énergie hydraulique, solaire ou éolienne. Souvent, le procédé utilise la synthèse Fischer-Tropsch pour combiner l'hydrogène avec le CO<sub>2</sub> extrait afin de produire des électrocarburants liquides.

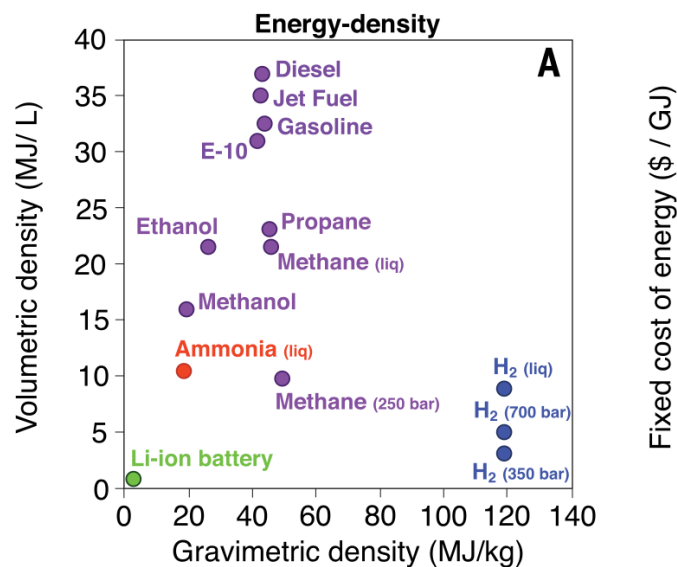
Bon nombre de sociétés (p. ex., Carbon Engineering et Nordic Blue Crude) suivent cette voie pour la production d'électrocarburants. La production est encore à l'échelle laboratoire, et on n'a pas une idée claire des coûts futurs et des perspectives commerciales. La société chilienne HIF Global produit de l'électro-essence, et le détaillant local, [Empresas GASCO, reçoit et vend de l'électropropane](#) (page en anglais).

Une avancée intéressante au stade du laboratoire est [la conversion de CO<sub>2</sub> en propane par l'Illinois Institute of Technology](#) (page en anglais). Un électrolyseur de flux convertit directement le CO<sub>2</sub> et l'eau en propane renouvelable. L'établissement s'est associé à SHV Energy pour mettre le système au point et le commercialiser. Le procédé, s'il peut être mis à l'échelle, permettrait la production continue de propane renouvelable à partir d'électrolyseurs de taille modulaire.

**Voie 8. Utilisation de l'infrastructure du propane pour la production d'hydrogène renouvelable**

Le transport, la distribution et le stockage du propane à grande échelle sont essentiels si l'on veut que l'hydrogène renouvelable soit un vecteur énergétique à faibles émissions. La voie de l'utilisation du propane et de l'infrastructure du propane pour la production d'hydrogène renouvelable offre une solution possible à ce problème. Le stockage densifié, via le gaz comprimé et l'hydrogène liquide, est un enjeu majeur car d'énormes pressions sont nécessaires pour obtenir une densité d'énergie volumétrique utile. Par exemple, aux pressions typiques dans les bouteilles de propane, la densité d'énergie volumétrique de l'hydrogène serait plus de 10 fois inférieure à celle du propane. À cette faible valeur, il ne serait vraisemblablement pas rentable d'utiliser le propane ou d'autres infrastructures énergétiques pour transporter et distribuer de l'hydrogène gazeux. En outre, l'hydrogène pur peut corroder les bouteilles et les métaux avec lesquels il entre en contact, et causer des dommages mécaniques aux bouteilles (fragilisation par l'hydrogène), tandis que le mélange direct d'hydrogène avec le propane n'est pas non plus pratique, compte tenu des problèmes de séparation dans les bouteilles de propane.

Pour le transport de l'hydrogène, la solution pourrait consister à utiliser l'infrastructure du propane pour le transport « circulaire ». Les porteurs d'hydrogène « circulaires » produits à partir d'hydrogène vert, tels que l'ammoniac, le méthanol, l'acide formique ou le propane lui-même, qui présente les densités gravimétrique et volumétrique les plus élevées parmi plusieurs vecteurs énergétiques liquides à émissions négatives (voir la figure ci-dessous). Ces porteurs d'hydrogène « circulaires » captent les molécules de gaz (CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>) de l'atmosphère en synthèse avant que celles-ci soient émises de nouveau lorsqu'ils sont utilisés.



## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

[Volumetric density (MJ/L) = Densité volumétrique (MJ/L) Energy density = Densité d'énergie Fixed cost of energy (\$/GJ) = Coût fixe de l'énergie (\$/GJ) Gravimetric density (MJ/kg) = Densité gravimétrique (MJ/kg) Diesel = Diesel Jet Fuel = Carburéacteur Gasoline = Essence E-10 = E-10 Ethanol = Éthanol Propane = Propane Methane (liq.) = Méthane (liq.) Methanol = Méthanol Ammonia (liq.) = Ammoniac (liq.) Methane (250 bar) = Méthane (250 bars) Li-ion battery = Batterie au lithium-ion H<sub>2</sub> (liq.) = H<sub>2</sub> (liq.) H<sub>2</sub> (700 bar) = H<sub>2</sub> (700 bars) H<sub>2</sub> (350 bar) = H<sub>2</sub> (350 bars)]

Source : Davis, S. J., Lewis, N. S., Shaner, M., Aggarwal, S., Arent, D., Azevedo, I. L., Benson, S. M., Bradley, T., Brouwer, J., Chiang, Y.-M., Clack, C. T. M., Cohen, A., Doig, S., Edmonds, J., Fennell, P., Field, C. B., Hannegan, B., Hodge, B.-M., Hoffert, M. I., ... Caldeira, K. (2018). « Net-zero emissions energy systems ». *Science*, 9793(juin). <https://doi.org/10.1126/science.aas9793>. Hydrocarbures (violet), ammoniac (orange), hydrogène (bleu) et batteries au lithium-ion actuelles (vert).

Le porteur d'hydrogène « circulaire » idéal devrait non seulement avoir une forte teneur en hydrogène, mais aussi satisfaire à d'autres exigences, telles que la stabilité, la vitesse de réaction, le coût, la sécurité et la compatibilité avec l'infrastructure du propane. L'ammoniac occupe le premier rang chez les porteurs d'hydrogène « circulaires », car il a une densité énergétique élevée, ne présente pas les mêmes propriétés de fragilisation que l'hydrogène et a des applications prometteuses en matière de production stationnaire pour fournir de l'électricité dans les régions où les énergies renouvelables sont difficiles à produire et où le réseau électrique n'existe pas. Son rôle en tant que porteur d'H<sub>2</sub> est moins certain en raison de la grande quantité d'énergie nécessaire pour le craquage et la compression lors de l'utilisation finale. La combustion de l'ammoniac produit directement des quantités importantes d'oxyde d'azote et pourrait contribuer au dégagement de particules fines d'un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>) par la formation de sulfate d'ammonium.

Le principal problème que pose l'ammoniac par rapport au propane est le suivant : bien qu'il présente un risque d'inflammabilité beaucoup plus faible, il pose un risque sanitaire et environnemental beaucoup plus élevé en cas de fuite accidentelle. L'ammoniac est considéré comme une substance toxique pour l'être humain par inhalation et par voie orale. L'exposition à de fortes concentrations peut causer des lésions sur la peau et attaquer les yeux et les poumons. Les déversements d'ammoniac dans l'eau et sur le sol ont également des effets toxiques graves sur les organismes vivants qui s'y trouvent.

L'ammoniac est déjà expédié de nos jours dans des navires transporteurs de GPL et de gros camions-citernes d'une capacité dépassant 3000 gallons. Ce composé gazeux se liquéfie à peu près à la même pression (de 6 à 10 bars) et à la même température que le propane. Les systèmes de stockage de l'ammoniac reposent sur des principes similaires à ceux utilisés pour le GPL, mais il est probable que des systèmes de sécurité supplémentaires soient inclus dans leur conception. Les wagons-citernes utilisés pour le GPL peuvent l'être pour l'ammoniac anhydre, mais de petites transformations sont nécessaires pour remplacer les raccords en versions en alliages de cuivre, y compris le laiton qui peut être corrodé par l'ammoniac, et une purge et un nettoyage minutieux sont nécessaires. Les petits réservoirs et bouteilles de propane ne sont actuellement pas utilisés pour contenir de l'ammoniac, car les vannes en laiton dont ils sont dotés sont

## Faisabilité technique de la décarbonation du propane

incompatibles et sujettes à une corrosion et une détérioration importantes, sans compter que les conversions ne sont pas toujours pratiques ou rentables.

Il existe d'autres obstacles à l'utilisation de récipients de propane pour le transport de l'ammoniac, par exemple l'ASM et Transports Canada exigent que les récipients d'ammoniac soient soumis à un traitement pour l'élimination des tensions, et Transports Canada exige que les récipients d'ammoniac résistent à une pression de 265 lb/po<sup>2</sup> (psi), par rapport à 250 lb/po<sup>2</sup> pour le propane. En général, les récipients de propane ne sont pas soumis au traitement susmentionné au moment de la fabrication.

Enfin, il existe d'autres options, comme le liquide organique porteur d'hydrogène (LOHC) et d'autres porteurs d'hydrogène nouveaux qu'on pourrait envisager d'utiliser pour la livraison d'hydrogène dans l'infrastructure du propane. Toutefois, comme le niveau de maturité technologique de ces options est faible, elles ne seront probablement pas exploitées dans un proche avenir.

### Annexe D. Avantages potentiels de l'adoption du propane comme combustible/carburant

#### Chaudières au mazout

Le nombre de ménages équipés de chaudières au mazout a considérablement diminué au cours des 20 dernières années. Toutefois, on estime qu'il y a encore environ 440 000 ménages qui utilisent le mazout comme principale source de chauffage au Canada. Le remplacement de ces chaudières par des chaudières au propane peut permettre de réduire considérablement les émissions et les coûts. À titre d'exemple, si 25 % des ménages actuels équipés d'appareils de chauffage au mazout passaient au propane, les émissions de GES pourraient être réduites de 212 000 t éq. CO<sub>2</sub> par année de fonctionnement. Ces réductions, dont les calculs sont basés sur une analyse du cycle de vie, pourraient être réalisées pendant toute la durée de vie des chaudières (au moins 10 ans).

L'estimation repose sur les hypothèses suivantes :

1. Il s'agit de chaudières au propane et au mazout neuves, ce qui reflète l'hypothèse selon laquelle le remplacement aurait probablement lieu vers la fin de la vie utile des appareils (les réductions d'émissions seraient beaucoup plus importantes si l'on remplaçait une ancienne chaudière au mazout).
2. Le rendement de combustion moyen est de 87 % pour une chaudière au mazout neuve et de 93 % pour une chaudière au propane.
3. La demande de chaleur d'un ménage moyen au Canada est de 62 GJ/ménage.
4. Le propane présente une intensité d'émission directe de 57 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ et une intensité d'émission sur tout son cycle de vie de 72 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ.
5. Le mazout de chauffage mélangé à 10 % de biodiesel (B10) présente une intensité d'émission directe de 64,8 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ et une intensité d'émission sur tout son cycle de vie de 94,2 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ.

### Camions et fourgonnettes de poids moyen à usage commercial ne transportant pas de passagers

Le passage de l'essence ou du diesel au propane comme carburant des véhicules routiers peut permettre de réaliser des économies et de réduire les émissions. L'option la plus intéressante pourrait consister à cibler les autobus scolaires et les parcs de camions légers et de fourgonnettes commerciaux pour lesquels l'électrification n'est pas encore largement disponible et l'alimentation au propane et les conversions au propane sont facilement accessibles. Les camions et fourgonnettes de poids moyen sans passagers à usage commercial sont définis ici comme des véhicules dont le poids nominal brut de la capacité de charge est compris entre 4,5 et 12 tonnes. Sont exclues les camionnettes qui peuvent entrer dans cette catégorie de taille, ainsi que toutes les semi-remorques qui entrent dans une catégorie de poids plus élevée. Nous présentons ci-dessous une estimation des réductions d'émissions qui pourraient être obtenues par le passage au propane pour l'alimentation en carburant de ces types de véhicules.

Selon nos estimations, il existe au Canada au moins 113 000 fourgonnettes et 151 000 camions dans cette catégorie de poids. En général, les véhicules de ces types servent à des livraisons sur de courtes distances et consomment de l'essence ou du diesel. À titre d'exemple, si 10 % de ces véhicules, soit environ 26 000, étaient alimentés au propane, les émissions de GES pourraient être réduites de 417 000 t éq. CO<sub>2</sub> par année d'utilisation. Cette réduction, calculée à partir d'une analyse du cycle de vie, pourrait être obtenue pendant toute la vie utile du véhicule, soit au moins dix ans.

L'estimation repose sur les hypothèses suivantes :

1. Selon les moyennes nationales, le rendement du carburant moyen est de 6,7 MJ/tonne\*km et la demande, de 78 000 tonnes\*km pour les fourgonnettes et les véhicules fonctionnant au diesel; et respectivement de 5,73 MJ/tonne\*km et de 188 000 tonnes\*km pour les camions de poids moyen.
2. Une pénalité de 2 % relative au rendement du carburant (en GJ/tonne\*km) est imposée pour les moteurs au propane par rapport aux moteurs diesel ou à essence.
3. L'intensité d'émission directe et l'intensité d'émission sur tout le cycle de vie dans le cas du propane sont respectivement de 57 et de 72 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ.
4. Le diesel mélangé à 10 % de biodiesel (B10) présente une intensité d'émission directe de 64,8 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ et une intensité d'émission sur tout le cycle de vie de 94,2 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ.
5. L'essence mélangée à 10 % d'éthanol (E10) présente une intensité d'émission directe de 62,3 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ et une intensité d'émission sur tout son cycle de vie de 86,8 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ.