



**NOTE DE TRAVAIL**

**CONFÉRENCE SUR L'AVIATION ET LES CARBURANTS ALTERNATIFS**

**Mexico (Mexique), 11 – 13 octobre 2017**

**Point 4 : Définition de la vision de l'OACI sur les carburants d'aviation alternatifs et objectifs futurs**

**POWER-TO-LIQUIDS (PTL) : DES CARBURANTS ALTERNATIFS DURABLES PRODUITS À PARTIR D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE**

(Note présentée par l'Allemagne)

**RÉSUMÉ**

L'Accord de Paris de 2015, conclu sous l'égide de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, exige des réductions massives des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans tous les secteurs d'ici le milieu du siècle, afin d'ouvrir la voie à une carboneutralité mondiale dans le courant de la deuxième moitié de ce siècle. Les carburants renouvelables sont un élément majeur pour aboutir à des réductions absolues des émissions de l'aviation. La présente note de travail expose le concept de la production de carburéacteurs durables au moyen d'électricité renouvelable, processus appelé *Power-to-Liquids* (PtL). Les filières de production et les possibilités d'interchangeabilité des carburéacteurs sont expliquées. Par rapport aux biocarburants, le PtL n'exige pas de terres arables et demande sensiblement moins d'eau. Du fait qu'elle fonctionne à partir d'électricité renouvelable, la filière PtL pourrait devenir presque carboneutre à long terme. Elle pourrait être une contribution majeure du secteur du transport aérien à la réalisation des objectifs climatiques mondiaux.

La suite à donner par la Conférence figure au paragraphe 7.

**1. INTRODUCTION**

1.1 Dans l'Accord de Paris, conclu en 2015 sous l'égide de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, la communauté des États a déclaré son intention de maintenir l'augmentation mondiale de la température bien en-dessous de 2 °C, et de conduire les efforts afin de limiter encore davantage l'augmentation de la température, à savoir jusqu'à 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels. Cet accord exige une réduction marquée des émissions de GES de tous les secteurs et domaines d'application – y compris le transport aérien – afin d'atteindre la carboneutralité dans la deuxième moitié du siècle actuel. En fait, les prévisions de trafic à long terme de l'OACI, qui couvrent

les deux prochaines décennies, font état d'une croissance mondiale annuelle de l'aviation de 4,5 %. Des mesures d'amélioration de l'efficacité dans le secteur du transport aérien sont essentielles et doivent être sensiblement renforcées. Toutefois, il ne suffira pas d'essayer simplement d'améliorer l'efficacité. Des réductions ambitieuses des émissions exigent donc des carburants permettant de réduire à un minimum les émissions de GES et issus d'énergies renouvelables, tout en évitant d'épuiser les ressources naturelles. Le panier de mesures de l'OACI souligne l'importance du pilier essentiel que sont les réductions des émissions de GES par l'utilisation de carburants d'aviation durables. Ainsi, le CORSIA (Régime de compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale), adopté par les États membres de l'OACI en octobre 2016, et la vision de l'OACI sur les carburants d'aviation alternatifs durables devraient inclure le PtL comme mesure permettant de réduire nettement les émissions de GES provenant de l'aviation. Des présentations antérieures sur le PtL ont été faites par l'Allemagne à la réunion de 2016 du Groupe directeur du CAEP et par des entrepreneurs allemands au séminaire OACI sur les carburants alternatifs, qui s'est tenu en février 2017<sup>1</sup>.

## 2. QUE SONT LES « POWER-TO-LIQUIDS » ?

2.1 Les PtL (« Power-to-Liquids ») comprennent des combustibles hydrocarbonés synthétiques liquides pour les moteurs à combustion dans l'aviation et dans d'autres modes de transport. La principale source d'énergie et les principales matières premières pour la production de PtL sont l'électricité renouvelable, l'eau et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

2.2 Plusieurs filières sont possibles. Généralement la production de PtL comprend trois étapes principales<sup>2</sup> :

- 1) la production d'hydrogène à partir d'électricité renouvelable, par électrolyse de l'eau ;
- 2) la fourniture de CO<sub>2</sub> renouvelable<sup>3</sup> puis la conversion ;
- 3) la synthèse aboutissant à des hydrocarbures liquides, avec enrichissement/conversion ultérieur en des carburants raffinés.

2.3 Diverses méthodes de synthèse permettant de produire du carburateur PtL renouvelable sont disponibles, par exemple le procédé Fischer-Tropsch (FT), ou la synthèse du méthanol (MeOH).

2.4 Le procédé Fischer-Tropsch donne un mélange de divers hydrocarbures à longue chaîne qui doivent subir un traitement ultérieur pour donner du carburateur, de l'essence, du carburant diesel et autres produits chimiques de base. Le mélange peut être modifié pour constituer au moins 50 % des composants de carburateur par contenu d'énergie. La synthèse du méthanol donne des produits de très grande pureté, qui sont ultérieurement traités pour obtenir des hydrocarbures à longue chaîne.

2.5 D'autres techniques de production de carburants liquides renouvelables d'origine non biosynthétique sont actuellement en cours de recherche-développement, comme le procédé « Sun-to-Liquid »<sup>4</sup> (production de carburant liquide à partir d'énergie solaire), dans le cadre du programme Horizon 2020 de l'UE.

---

<sup>1</sup> [https://www.icao.int/Meetings/altfuels17/Documents/20170208\\_ROTH\\_V1-0\\_submitted.pdf](https://www.icao.int/Meetings/altfuels17/Documents/20170208_ROTH_V1-0_submitted.pdf)

<sup>2</sup> Une autre filière, l'électrolyse du CO, convertit l'eau et le CO<sub>2</sub> simultanément, conversion suivie de l'étape 3.

<sup>3</sup> Comme le CO<sub>2</sub> provenant de sources biosynthétiques ou de CO<sub>2</sub> extrait de l'air.

<sup>4</sup> Voir la note de l'UE sur la Position et appui de l'Europe en faveur de la mise au point et de l'utilisation de carburants d'aviation durables [CAAF2/17-WP/14] : Projet « Sun-to-Liquid » dans le cadre d'Horizon 2020 (contribution de 4,5 millions d'euros).

### 3. POURQUOI DES CARBURANTS PtL ?

3.1 L'aviation étant censée continuer de dépendre encore de carburants liquides pour le moyen à long terme, il faut développer la production et l'utilisation de carburants liquides ne produisant pas d'émissions nettes de GES pour contribuer aux objectifs climatiques mondiaux.

3.2 Les carburants PtL pourraient être utilisés presque sans émissions supplémentaires de GES, à condition qu'ils soient fabriqués à partir d'électricité renouvelable et de CO<sub>2</sub> renouvelable. Les usines de production de PtL ne devraient obtenir leur énergie que de sources supplémentaires d'énergie renouvelable et ne devraient pas entraîner de production supplémentaire d'électricité fossile, car autrement il n'y aurait aucun effet climatique positif<sup>5</sup>.

3.3 Les PtL donnent des rendements plus élevés dans le domaine concerné lorsque l'énergie provient de sources d'énergie renouvelable comme l'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne<sup>6</sup>. Le volume d'eau nécessaire à la production de PtL est également nettement inférieur par rapport à la production de biocarburants. On peut donc considérer le PtL comme une technologie clé pour permettre une alimentation de l'aviation en carburant post-fossile pleinement régénérative, durable, tout en évitant les risques potentiels et les effets secondaires nocifs grâce à l'utilisation énergétique de biomasse cultivée (voir paragraphe 2.1)<sup>7</sup>.

3.4 À moyen terme, il est essentiel de proposer des carburants synthétiques comme les PtL. Étant donné que la synthèse des PtL exige de grandes quantités d'énergie renouvelable, leur utilisation devrait être axée sur des secteurs dans lesquels l'électricité ne peut être utilisée directement. Cela comprend des projets pilotes et de démonstration pour la production de PtL, qui visent à réduire les coûts de production par des économies d'échelle, à permettre le lancement du marché et à contribuer à garantir une capacité suffisante de cette technologie à long terme<sup>8</sup>.

### 4. AVANTAGES PAR RAPPORT AUX BIOCARBURANTS

4.1 L'utilisation de biocarburants (en particulier les biocarburants d'origine agricole) risque de poser plusieurs problèmes, notamment une concurrence accrue pour les terres arables, des changements indirects de l'utilisation des terrains et le lien socio-économique problématique avec les prix des denrées alimentaires et les droits fonciers.

---

Récemment, la toute première production de carburant d'aviation à partir d'énergie solaire a été expérimentée, et les efforts se poursuivent pour aboutir à une chaîne de production de carburant intégrée qui sera validée à l'échelle avant commercialisation.

<sup>5</sup> L'énergie renouvelable, qui remplace l'énergie provenant de sources fossiles, pourrait fort bien remplacer les énergies productrices de gaz à effet de serre. Dans le cas de la conversion d'énergie renouvelable en PtL, ce potentiel est considérablement réduit. German Environment Agency/ Umweltbundesamt – UBA: “Integration of Power to Gas/Power to Liquids into the ongoing Transformation Process” (Intégration des filières Power to Gas/Power dans le processus de transformation en cours). Position Paper, juin 2016.

<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/integration-of-power-to-gas-power-to-liquids-into>

<sup>6</sup> Voir la figure 3.12, page 82 dans [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Studien/studie-langfristszenarien.pdf;jsessionid=CE4153CFA38BCBF287D242AD39BA2635?\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Studien/studie-langfristszenarien.pdf;jsessionid=CE4153CFA38BCBF287D242AD39BA2635?_blob=publicationFile&v=4)

(“Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global”, March 2012, only in German. Study for the German Ministry for Environment.

<sup>7</sup> German Environment Agency/ Umweltbundesamt – UBA: „Power-to-Liquids – Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel (Possibilités et perspectives de l’approvisionnement futur en carburant d’aviation renouvelable)“. Background Paper, septembre 2016.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/power-to-liquids-potentials-perspectives-for-the>

<sup>8</sup> « Sources d'énergie renouvelables et atténuation des changements climatiques ». Rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Published 2012. <http://www.ipcc.ch/report/srren/>

4.2 De plus, les rendements énergétiques des biocarburants dans ce domaine sont nettement inférieurs par rapport à d'autres sources d'énergie renouvelable.

4.3 Les biocarburants produits à partir de déchets et résidus biogènes sont moins problématiques en termes d'utilisation durable des ressources naturelles, mais ils sont en partie déjà utilisés dans d'autres secteurs<sup>9</sup>.

## 5. NIVEAU DE MATURITÉ TECHNOLOGIQUE

5.1 Les PtL peuvent être produits à partir de sources de CO<sub>2</sub> concentré renouvelable, selon des procédés industriels établis, avec des degrés de maturité technologique (TRL) entre 8 et 9 (sur 9). Alors que certains procédés individuels sont appliqués à grande échelle, l'intégration systémique complète des PtL avance actuellement, grâce à des usines de démonstration en Islande, en Finlande, en Allemagne et bientôt en Norvège<sup>10</sup>. Des procédés améliorés d'extraction de CO<sub>2</sub> de l'air ainsi que l'électrolyse à haute température, qui en sont actuellement au stade de démonstration/développement technologique, augmentent le potentiel et l'efficacité de la production, respectivement.

5.2 Les coûts de l'électricité renouvelable ont nettement diminué ces dernières années et on s'attend à ce qu'ils baissent encore grâce à des améliorations techniques.

5.3 Le carburéacteur PtL est interchangeable. La norme ASTM de carburéacteur permet déjà un mélange de 50 % de carburant synthétique Fischer-Tropsch. Le PtL suivant la filière méthanol n'est pas encore approuvé.

## 6. ÉCONOMIE ET EXTENSIBILITÉ

6.1 La faisabilité économique est un aspect crucial de l'utilisation des PtL à grande échelle. Les principales contraintes du déploiement à court terme de la synthèse et de l'utilisation des PtL sont les coûts de production comparés à ceux du carburéacteur classique. Des réductions de coûts peuvent être obtenues grâce à une diminution des coûts de l'électricité renouvelable (éolienne, solaire), à l'augmentation des efficacités qu'apportent des procédés de production de PtL améliorés (par exemple, électrolyse à haute température, extraction de CO<sub>2</sub>, etc.), et à des économies d'échelle.

6.2 Le développement des PtL profiterait des grandes possibilités qu'offre la production, dans certaines régions, de volumes d'électricité renouvelable qui dépassent la demande énergétique mondiale. Le PtL apportera donc davantage de sécurité énergétique, une valeur ajoutée d'origine locale et une perspective commerciale durable pour les régions disposant d'un grand potentiel d'énergie renouvelable.

6.3 La filière PtL n'est pas simplement une technologie pour répondre à la demande de carburant pour l'aviation. La production de PtL selon la filière de synthèse Fischer-Tropsch donne naissance à une multitude d'hydrocarbures comme produits intermédiaires. Il faudrait donc, afin de

---

<sup>9</sup> German Environment Agency/ Umweltbundesamt – UBA: “Sustainable Use of Global Land and Biomass Resources” (Utilisation durable des ressources foncières et des sources de biomasse). Position Paper, juin 2013. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sustainable-use-of-global-land-biomass-resources>.

<sup>10</sup> <http://carbonrecycling.is/comercial-scale/>; <http://soletair.fi/news/finnish-demo-plant-produces-renewable-fuels/>; <http://www.sunfire.de/en/company/press/detail/sunfire-produces-sustainable-crude-oil-alternative>; <http://www.sunfire.de/en/company/press/detail/first-commercial-plant-for-the-production-of-blue-crude-planned-in-norway>

faciliter le déploiement de la technologie jusqu'à la maturité du marché, que les secteurs coopèrent dans le cadre d'un effort commun pour réaliser des synergies, par exemple avec l'industrie chimique.

## 7. SUITE À DONNER PAR LA RÉUNION CAAF/2

7.1 La réunion CAAF/2 est invitée :

- a) à insister, dans le cadre de la vision de l'OACI sur les carburants d'aviation alternatifs, sur la nécessité urgente d'évaluer l'incidence du lancement de carburants alternatifs produits à partir d'électricité renouvelable basée sur des sources d'énergie non biogènes ;
- b) à encourager, dans le cadre de la vision de l'OACI sur les carburants d'aviation alternatifs, l'élaboration d'une stratégie de lancement sur le marché pour les carburants alternatifs produits à partir d'électricité renouvelable basée sur des sources d'énergie non biogènes ;
- c) à considérer que, dans le cadre de la Vision de l'OACI sur les carburants d'aviation alternatifs, l'utilisation des PtL est une contribution au panier de mesures de l'OACI.

— FIN —