



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

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

### **Point 1 : Avancées de la recherche et de la certification de carburants d'aviation alternatifs**

#### **ESTIMATION DES PRIX DES CARBURANTS ALTERNATIFS**

(Note présentée par le Secrétariat de l'OACI)

##### **RÉSUMÉ**

Bien que les prix des carburants d'aviation alternatifs (AAF) demeurent considérablement supérieurs à ceux des carburants d'aviation classiques, cette différence de prix ne cesse de diminuer. Des mesures incitatives et un appui des politiques seront nécessaires à court et moyen terme pour assurer le développement et la mise à l'échelle des installations de production de carburant. La présente note de travail fournit des informations sur les estimations des prix de plusieurs types d'AAF figurant dans diverses publications, et sur des moyens possibles de réduction des coûts afférents à la production future de carburants d'aviation durables (SAF).

La suite à donner par la Conférence figure au paragraphe 4.

### **1. INTRODUCTION**

1.1 Comme l'avait prévu la première Conférence sur l'aviation et les carburants alternatifs (CAAF/1) dans la note de travail 12 (CAAF/09-WP/12), des avancées considérables ont été réalisées en matière de recherche, de développement et d'utilisation de carburants d'aviation alternatifs (AAF). Depuis 2009, ASTM International (organisme chargée d'établir des normes internationales) a approuvé cinq types de procédés de conversion pour la production d'AAF, confirmant ainsi la sécurité et la durabilité de ces mélanges de carburants. Ces procédés de conversion sont : le procédé Fischer-Tropsch (FT-SPK) d'hydrotraitement de kérosène paraffinique synthétique; le kérosène paraffinique synthétique produit par hydrotraitement d'esters et d'acides gras (HEFA-SPK); des isoparaffines synthétiques produites par hydrotraitement de sucres fermentés (SIP-HFS); le kérosène synthétique contenant des aromatiques dérivés par alkylation d'aromatiques légers provenant de sources non pétrolières (SPK/A); et le procédé Alcohol-to-Jet de transformation d'alcool en kérosène paraffinique synthétique (ATJ-SPK).

1.2 La note CAAF/02-WP/7 explique plus en détail concernant ces procédés de conversion approuvés, et donne des précisions sur d'autres procédés de conversion en attente d'approbation.

1.3 Actuellement, AltAir Fuels, basée à Los Angeles (États-Unis), est la seule installation qui produit régulièrement des AAF à l'échelle industrielle. Elle produit du carburant grâce au procédé de conversion HEFA-SPK. Des lots d'AAF produits à des fins commerciales ont été fournis par trois autres fabricants : Amyris (Brésil) a produit des lots d'AAF au moyen du procédé de conversion SIP-HFS ; Gevo (États-Unis) a produit des lots d'AAF au moyen du procédé de conversion ATJ-SPK ; et Neste a produit des lots d'AAF au moyen du procédé de conversion HEFA-SPK. En outre, plusieurs nouvelles usines de production qui utiliseront le procédé de conversion Fischer-Tropsch (FT) sont en construction (p. ex. Fulcrum, RedRock et SG Preston).

1.4 Malgré ces initiatives, un certain nombre de difficultés freinent encore l'essor de l'industrie des AAF, comme l'indique la note CAAF/02-WP/11. Ces difficultés comprennent les coûts plus élevés de la production d'AAF, qui rendent plus difficile la concurrence avec les carburants d'aviation classiques (CAF), surtout si l'on tient compte des bas prix actuels du pétrole brut. À ce titre, des mesures incitatives et des appuis aux politiques seront nécessaires à court et moyen terme pour assurer le développement et la mise à l'échelle des usines de production d'AAF. Cela étant, à mesure qu'augmente l'expérience de production, les coûts de production des AAF devraient baisser.

1.5 La présente note examine l'estimation des prix de vente minimaux des carburants AAF (MFSP) par le biais d'une étude bibliographique de documents dans lesquels figurent ces prix, afin de sensibiliser la Conférence aux coûts relatifs liés à la production actuelle d'AAF.

## **2. ESTIMATION DES PRIX MINIMAUX DE VENTE DES CARBURANTS D'AVIATION ALTERNATIFS**

2.1 Plusieurs analyses technico-économiques (TEA) donnant des estimations des MFSP de différents types d'AAF ont été publiées. Il reste cependant une grande incertitude scientifique quant à l'applicabilité de ces études, car leurs résultats varient considérablement et pourraient même être contradictoires. Les difficultés principales que posent ces TEA sont leur exhaustivité et leur comparabilité, car les hypothèses de disponibilité du financement et de la technologie ne sont pas utilisées de manière uniforme dans la vaste gamme d'études disponibles dans la littérature.

2.2 De grandes incertitudes entourent la forte incidence des rendements sur l'économie et la durabilité, la protection de la propriété intellectuelle qui entrave la compréhension de la mise à l'échelle des procédés, ainsi que la compréhension des technologies de pointe. Par exemple, certaines études utilisent la mise à l'échelle des procédés et la réduction des risques en adoptant l'approche de « l'énième » usine. Cette approche implique que l'analyse ne porte pas sur une usine pionnière mais sur plusieurs usines déjà en activité qui utilisent la même technologie. Cette approche correspond donc à une technologie éprouvée, mais sans évaluation des aspects économiques du court terme et de de l'adoption rapide, lesquels sont importants pour déterminer les risques et les difficultés de la mise à l'échelle d'une technologie. Les estimations des coûts disponibles pour les usines pionnières sont surtout basées sur les données historiques des effets sur les gains dans l'industrie chimique, dont l'applicabilité au cas particulier des AAF n'apparaît pas clairement. Il faut donc appliquer une méthodologie uniforme pour les TEA afin d'élaborer des TEA appropriées pour les usines pionnières, et disposer pour cela d'orientations et de soutien.

2.3 Néanmoins, les TEA fournissent une indication des prix de vente des AAF auxquels on peut s'attendre. Dans la Figure 1, l'estimation du MFSP donnée par une sélection de TEA pour diverses filières d'AAF est indiquée (carrés) et comparée au prix moyenné sur trois ans d'un carburant d'aviation classique typique (trait plein). Pour ce qui est des études présentant un éventail de MFSP pour une seule filière, la valeur moyenne y est indiquée. Pour estimer le prix des CAF, le prix spot du carburéacteur de

type kérosène de la côte américaine du Golfe du Mexique a été retenu et moyenné sur les années 2013 à 2015, donnant un résultat d'environ 0,78 \$/kg<sup>1</sup>.

2.4 À la première Conférence sur l'aviation et les carburants alternatifs en 2009, il a été estimé que les coûts de production des AAF étaient de 2 à 5 fois supérieurs à ceux des CAF dans certains cas (CAAF/09-WP/12). Les récentes TEA mentionnées dans la Figure 1 montrent que les prix des AAF dans certaines filières se rapprochent désormais des prix des CAF. Malgré cette tendance de diminution des coûts de production, tant que des quantités plus importantes de carburant ne seront pas disponibles, le coût des AAF restera très incertain. C'est pourquoi des subventions ou des mesures incitatives pourraient s'avérer utiles pour encourager leur production et contribuer à surmonter les risques liés au passage de l'échelle pilote à la commercialisation. Avec le lancement d'installations de production à l'échelle industrielle, on s'attend à une baisse des coûts. De nouvelles sources de matières premières, plus concurrentielles, seront trouvées, le rendement augmentera et la valeur des coproduits augmentera à mesure que de nouveaux marchés seront recensés.

2.5 Des efforts concertés de recherche et développement (R&D) sont l'un des principaux facteurs d'amélioration de la performance des TEA au fil du temps. Comme le montre la Figure 2, sur une période de neuf ans de recherche et développement, le Département de l'énergie des États-Unis a amélioré le développement technologique de l'une des filières possibles de production de biocarburant, la pyrolyse rapide, à tel point que le coût prévu du carburant en production à grande échelle avec ce procédé a diminué de 75 %<sup>12</sup>. Cette tendance générale à la baisse des prix est aussi prévue pour un grand nombre des filières de production d'AAF mentionnées dans la note CAAF/2-WP/7, mais certains détails varieront.

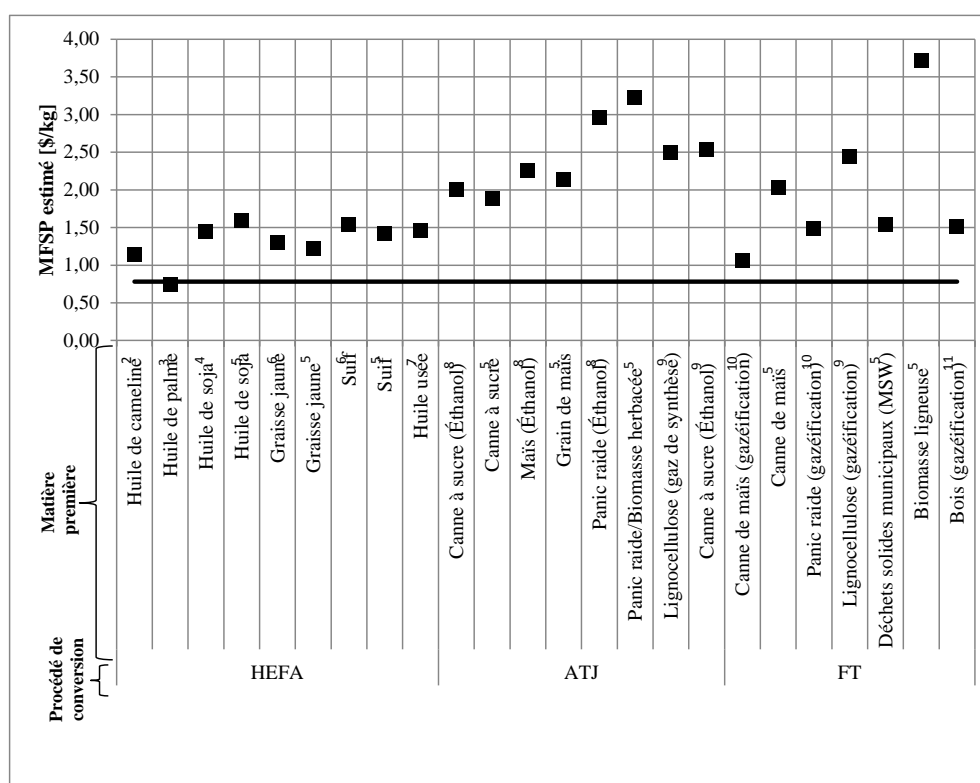
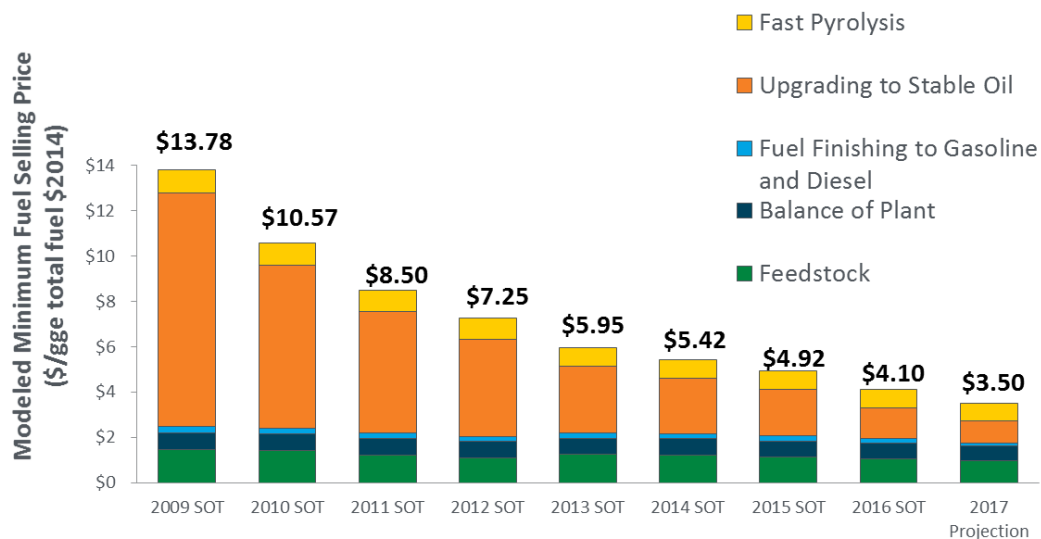


Figure 1 : Estimation des prix de vente minimaux de carburant (MFSP) de diverses filières pour les AAF (carrés) comparée au prix moyenné sur trois ans du carburacteur de type kérosène de la côte américaine du Golfe du Mexique (trait plein)<sup>1</sup>.



**Figure 2 : Modélisation du prix de vente minimal de carburant (MFSP), en déploiement commercial, du carburant obtenu par pyrolyse rapide, sur la base de l'état actuel des technologies, pour chaque année de 2009 à 2017<sup>13</sup>.**

2.6 Malgré les incertitudes entourant les TEA, il est généralement convenu que les facteurs principaux des coûts de production des AAF sont : le coût et la composition des matières premières, le coût d'investissement d'un procédé proposé, le rendement global de la conversion, la qualité et la composition de l'AAF produit, les dépenses d'exploitation, les besoins financiers, la logistique, les ressources initiales et les coûts de production actuels de la filière de production de l'AAF<sup>13</sup>. Certains de ces coûts peuvent être réduits, directement ou indirectement, grâce aux initiatives technologiques suivantes :

- a) l'utilisation d'installations en friche, c'est-à-dire des infrastructures existantes qui sont inutilisées ou sous-utilisées telles que d'anciennes raffineries de pétrole ou des installations existantes de production de carburant alternatif ;
- b) la co-utilisation d'infrastructures existantes, par exemple l'implantation de la production d'AAF à proximité de la production de carburant classique pour tirer parti de la production d'hydrogène et des installations de mélange ;
- c) l'analyse exhaustive et le repérage des ressources de matières premières, l'objectif étant d'augmenter le volume de matières premières pouvant servir à la production de carburants d'aviation durables (SAF) ;
- d) l'amélioration des procédés de récupération d'huiles renouvelables et d'oléfaction ;
- e) la création de coproduits à valeur plus élevée ;
- f) l'amélioration de l'efficacité des procédés de conversion de matières premières et de produits intermédiaires en SAF ;
- g) le développement de technologies de pointe pour la production de SAF ;
- h) la réduction des distances de transport et du nombre des liens de transport ;
- i) la poursuite de la réalisation d'études de performance, d'essais de carburants et d'épreuves en vol.

### 3. CONCLUSION

3.1 Pour accroître la production commerciale de SAF, les prix des SAF doivent se rapprocher de ceux des CAF, vu que le carburant est le principal coût opérationnel des compagnies aériennes commerciales. Toutefois, vu la faiblesse actuelle des prix du pétrole brut, il est difficile pour les SAF de soutenir la concurrence avec les CAF. Il faudra donc vraisemblablement mettre en place des mécanismes financiers pour atteindre l'objectif de la parité des prix des SAF et des CAF, car ces mécanismes réduisent les risques afférents à la volatilité des prix du pétrole. De possibles mécanismes financiers facilitant l'élaboration de projets SAF sont présentés dans la note CAAF/2-WP/10.

3.2 Afin de promouvoir l'objectif de la parité des prix des SAF et des CAF, il importe de procéder à des analyses pour évaluer diverses options stratégiques pour stimuler la production de SAF. Le coût et l'efficacité de différentes options stratégiques peuvent être sensiblement différents, de sorte qu'il est important de déterminer quelles options stratégiques peuvent stimuler la production de SAF de la manière la plus rentable possible pour les États. L'ensemble de paramètres présenté dans la note CAAF/2-WP/11 peut servir de base pour évaluer la faisabilité, l'efficacité et les aspects pratiques des politiques dans des conditions et contextes nationaux particuliers.

### 4. SUITE À DONNER PAR LA CONFÉRENCE CAAF2

4.1 La Conférence CAAF2 est invitée :

- a) à reconnaître la réduction des coûts de production d'AAF depuis la Conférence CAAF/1 de 2009 ;
- b) à convenir de la nécessité d'œuvrer en vue de la parité entre les prix des SAF et ceux des CAF ;
- c) à recommander aux États de promouvoir des initiatives collaboratives entre États, ainsi qu'avec l'industrie, pour appuyer les efforts mondiaux de réduction des prix des SAF, notamment les initiatives technologiques indiquées au paragraphe 2.6 ;
- d) à convenir de la nécessité de mettre en place des politiques et mécanismes financiers pour assurer la compétitivité des SAF, en particulier en période de faiblesse des prix du pétrole.

## RÉFÉRENCES (en Anglais seulement)

1. U.S. gulf coast kerosene-type jet fuel spot price FOB, available at [https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer\\_epjk\\_pf4\\_rgc\\_dpg&f=a](https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer_epjk_pf4_rgc_dpg&f=a)
2. Natelson, R.H. et al., Technoeconomic analysis of jet fuel production from hydrolysis, decarboxylation, and reforming of camelina oil, *Biomass and Bioenergy*, 75:23-34 (2015).
3. Hilbers, T.J., et al., Green Diesel from Hydrotreated Vegetable Oil Process Design Study, *Chemical Engineering & Technology*, 38(4): 651-657 (2015).
4. Pearlson, M. et al., A techno-economic review of hydroprocessed renewable esters and fatty acids for jet fuel production, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(1): 89-96 (2013).
5. Bann, S.J. et al., The costs of production of alternative jet fuel: A harmonized stochastic assessment, *Biosource Technology*, 227:179-187 (2017).
6. Seber G. et al., Environmental and economic assessment of producing hydroprocessed jet and diesel fuel from waste oils and tallow, *Biomass and Bioenergy*, 67: 108-118 (2014).
7. de Jong, S. et al., The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(6):778-800 (2015).
8. [Staples](#), M.D. et al., Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies, *Energy & Environmental Science*, 7: 1545-1554 (2014).
9. Diederichs, G.W. et al., Techno-economic comparison of biojet fuel production from lignocellulose, vegetable oil and sugar cane juice, *Bioresource Technology*, 216: 331-339 (2016).
10. Agusdinata, D.B. et al., Life Cycle Assessment of Potential Biojet Fuel Production in the United States, *Environmental Science & Technology*, 45(21): 9133-9143 (2011).
11. Zhu, Y. et al., Techno-economic Analysis for the Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels, 2011, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, USA.
12. [https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp\\_march2016.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp_march2016.pdf)
13. Public workshop sponsored by EERE's Bioenergy Technologies Office in Macon, G. f.-1. (2016). *Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*. Macon, Georgia, USA: U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy.