



## **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**

#### **TENDANCES ET SCÉNARIOS RELATIFS AUX CARBURANTS ALTERNATIFS**

(Note présentée par le Secrétariat de l'OACI)

##### **RÉSUMÉ**

La présente note traite des tendances environnementales entérinées à la 39<sup>e</sup> session de l'Assemblée de l'OACI et donne notamment des précisions supplémentaires sur le rôle des carburants alternatifs durables (SAF), afin de faciliter l'examen de la vision de l'OACI sur les carburants d'aviation alternatifs.

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

### **1. INTRODUCTION**

1.1 La Résolution A38-17 de l'Assemblée a demandé au Conseil de l'OACI d'évaluer régulièrement les incidences actuelles et futures des émissions des moteurs d'aviation. En réponse à cette demande, des tendances environnementales mises à jour ont été présentées à la 39<sup>e</sup> session de l'Assemblée<sup>1</sup> et entérinées par l'Assemblée de l'OACI en tant que base pour la prise de décisions sur des questions environnementales.

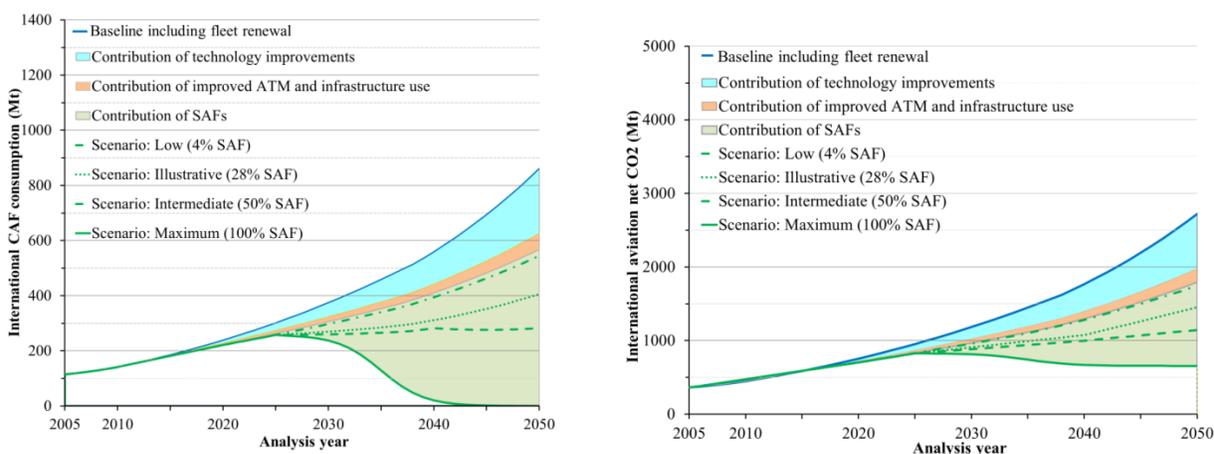
1.2 Ces tendances concernent notamment l'éventuelle contribution des quatre éléments du panier de mesures visant à atténuer les émissions de CO<sub>2</sub> en vue d'atteindre l'objectif de croissance carboneutre de l'aviation internationale d'ici 2020. Ces quatre éléments sont : les améliorations technologiques, les améliorations apportées à la gestion du trafic aérien (ATM) et à l'utilisation des infrastructures, les carburants d'aviation durables (SAF) et une mesure mondiale basée sur le marché, à savoir le Régime de compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale (CORSIA). Les scénarios spécifiques d'utilisation de SAF ont été évalués par le Comité de la protection de l'environnement en aviation (CAEP). Autant les tendances environnementales que les scénarios relatifs aux SAF sont dûment étayés dans le Doc 10069, *Rapport de la dixième réunion du Comité de la protection de l'environnement en aviation*. Le volume de SAF et les émissions connexes de gaz à effet

<sup>1</sup> [https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp\\_055\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_055_en.pdf)

de serre ont été répartis de façon proportionnelle entre l'usage international et l'usage national, en fonction de la demande de carburant prévue dans chaque cas. La présente note fait la synthèse des scénarios relatifs aux SAF qui ont été évalués pour déterminer la capacité mondiale de production de SAF, l'accent étant mis sur l'aviation internationale.

## 2. TENDANCES ET SCÉNARIOS RELATIFS À LA CONSOMMATION DE CARBURANT ET AUX ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DE L'AVIATION INTERNATIONALE

2.1 La Figure 1 montre l'évolution de la consommation de carburant d'aviation classique (CAF) par l'aviation internationale jusqu'en 2050, et celle des émissions connexes de CO<sub>2</sub>, notamment des scénarios spécifiques prenant en considération des éléments du panier de mesures.



**Figure 1. Prévisions de consommation de carburant et d'émissions de CO<sub>2</sub> de l'aviation internationale tenant compte des technologies d'aéronef, des améliorations apportées à l'ATM et à l'utilisation des infrastructures et de l'éventuel remplacement par des SAF, de 2005 à 2050**

2.2 La Figure 1 montre que l'aviation internationale a consommé environ 142 millions de tonnes métriques de CAF en 2010. D'ici 2050, la consommation de CAF devrait atteindre les 860 millions de tonnes, si l'on ne prend en considération que la demande de voyages aériens et le renouvellement naturel des flottes. En tenant compte de la contribution potentielle des technologies et des améliorations de l'ATM et de l'utilisation des infrastructures, cette prévision de consommation de carburant en 2050 pourrait baisser à 570 millions de tonnes, ce qui représenterait une part de 71 % de la consommation mondiale — c'est-à-dire internationale et nationale — prévue de carburant d'aviation. L'analyse suivante est basée sur cette demande internationale prévue de carburant d'aviation de 570 millions de tonnes en 2050.

2.3 Les prévisions relatives à la contribution des SAF à long terme comportent de grandes incertitudes. C'est pourquoi le CAEP a évalué 120 scénarios d'utilisation de SAF pour 2050. La disponibilité des ressources à l'échelle planétaire, les conditions économiques, les investissements financiers et les décisions de politique nécessaires pour atteindre les niveaux établis de production mondiale de SAF et réaliser les réductions connexes des émissions de CO<sub>2</sub> sont calculés pour chaque scénario.

2.4 D'après les scénarios évalués par le CAEP, il est possible que jusqu'à 100 % de la demande de CAF de l'aviation internationale soit satisfaite en recourant aux SAF en 2050. Cette possibilité est illustrée par le scénario « maximal » que présente la Figure 1. Cela dit, le remplacement complet des CAF par des SAF nécessiterait la construction d'à peu près 170 nouvelles bioraffineries par an entre 2020 et 2050 à un coût d'environ 15 milliards à 60 milliards de dollars par an si la croissance est linéaire. Si l'investissement et la croissance s'amorcent doucement et s'accélèrent au fil du temps, plus de 500 nouvelles bioraffineries devront être construites annuellement vers la fin des années 2040 et presque 1 000 nouvelles bioraffineries seront nécessaires en 2050, ce qui requerrait des investissements de capitaux d'un milliard à trois milliards de dollars par an en 2025 et de 80 milliards à 340 milliards de dollars par an en 2050.

2.5 À titre de comparaison, le nombre d'installations construites ces dernières années pour la production mondiale de biocarburants a augmenté d'environ 70 bioraffineries par an, sous l'effet des mesures incitatives à la production et à la consommation mises en place dans différentes régions du monde. Cela étant, la construction de bioraffineries et les coûts s'y rattachant ne concernent qu'un seul aspect de la chaîne d'approvisionnement des SAF. Il serait nécessaire d'assurer un important développement similaire des aspects logistiques de la chaîne d'approvisionnement relatifs à la production et au transport des matières premières. L'analyse du CAEP ne permet pas de déterminer avec certitude ceux de ces aspects pourraient freiner l'adoption des SAF d'ici à 2050.

2.6 Également à titre de comparaison, le montant publié des investissements mondiaux dans les hydrocarbures réalisés en amont par des entreprises qui sont à l'origine d'environ 39 % de la production hors-OPEC, a atteint en moyenne plus de 600 milliards de dollars par an de 2010 à 2013<sup>2</sup>. Bien que cette somme représente des investissements réalisés tout au long de la chaîne logistique des hydrocarbures dans tous les secteurs de l'industrie, et pas seulement la construction de raffineries destinées à la production de carburant d'aviation, elle montre que le capital estimatif requis pour la construction de bioraffineries dans les scénarios d'utilisation de SAF se situe dans la fourchette des investissements actuels de l'industrie énergétique.

2.7 La réalisation du scénario « faible » de remplacement consistant à atteindre 4 % de la demande de CAF de l'aviation internationale nécessiterait une production de SAF d'environ 20 millions de tonnes par an en 2050. Outre les scénarios maximal et faible, la Figure 1 présente un scénario « indicatif » évalué par le CAEP et dans lequel 28 % de la consommation de CAF par l'aviation internationale sera remplacée par des SAF. De plus, un scénario « intermédiaire » dans lequel le remplacement équivaut à 50 % de la production est présenté à titre d'information. Ces scénarios supposent des améliorations à l'efficacité de la production de carburant et une grande disponibilité des matières premières bioénergétiques, dont la production est nettement encouragée par des marchés favorables ou des mécanismes de politique.

2.8 Les émissions estimatives de CO<sub>2</sub> que montre la Figure 1 pour les scénarios de remplacement des SAF tiennent compte du facteur d'émission de l'analyse du cycle de vie (LCA) particulier aux types de SAF qui contribuent aux volumes de carburants dans chacun des scénarios du CAEP. Les émissions du cycle de vie liées à la modification directe de l'affectation des terres sont aussi prises en considération.

---

<sup>2</sup> <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=16011>

2.9 Sur la base de ces hypothèses, si un volume suffisant de SAF peut être produit en 2050 pour remplacer complètement les CAF (scénario maximal), il serait possible de réduire les émissions nettes de CO<sub>2</sub> d'environ 63 %. Pour atteindre ce niveau de réduction des émissions, il faudrait atteindre les niveaux les plus élevés postulés d'augmentation de la productivité agricole, de disponibilité des terres pour les cultures fourragères, d'élimination des résidus, d'amélioration de l'efficacité de conversion et de réduction des émissions de GES des services, mais aussi que les marchés et les politiques mettent un accent accru sur la bioénergie en général et sur les SAF en particulier. Cela implique qu'il faudrait consacrer une bonne partie des ressources bioénergétiques disponibles dans le monde à la production de carburants d'aviation plutôt qu'à d'autres usages.

### 3. ACCROISSEMENT DE LA PRODUCTION JUSQU'EN 2050

3.1 Le CAEP n'a pas spécifié une fonction pour rattacher la production estimative de SAF de 2020 à celle de 2050. Toutefois, la croissance d'une nouvelle industrie, telle que celle des SAF, suit souvent une courbe en forme de S. Il est difficile de déterminer quand les investissements s'intensifieront et partant, quand sera renforcée la capacité de l'industrie à augmenter la production. La croissance de la production de SAF en 2050 devrait osciller entre une courbe linéaire et une autre exponentielle, c'est-à-dire que l'extrémité inférieure et l'extrémité supérieure de la courbe en S seraient atteintes à une date ultérieure, p. ex. autour de 2100. Pour cette raison, les valeurs de l'Appendice se rapportant à 2040 et 2050 dans les scénarios relatifs aux SAF devraient être considérées comme étant purement indicatives.

3.2 Pour ce qui est des valeurs à court terme de 2025, tous les scénarios présentés prévoient une production de SAF destiné à l'aviation internationale de 5 millions de tonnes par an. À titre de référence, les accords d'exploitation actuels couvrent au total environ 0,9 million de tonnes par an (voir la note CAAF/2-WP/10). De plus, les exigences en matière de politique formulées dans l'analyse du CAEP ne tiennent pas compte d'éventuelles politiques porteuses de transformations profondes comme celles récemment annoncées par la Norvège, l'Inde, la France<sup>3</sup> et le Royaume-Uni<sup>4</sup> et qui visent à mettre fin à la vente des véhicules à essence et diesel d'ici 2040 au plus tard. Ce type de politique pourrait permettre d'orienter vers l'aviation de grandes quantités de diesel HEFA (« diesel écologique ») destinées au transport routier, à condition que ce carburant fasse l'objet de la certification ASTM prévue. La capacité mondiale actuelle des installations de production de diesel HEFA atteint environ 4,3 milliards de litres (3,45 millions de tonnes par an)<sup>5</sup>.

3.3 Dans l'évaluation des tendances, le calcul du nombre de bioraffineries et du montant des investissements en capital nécessaires suppose que cette croissance est réalisée grâce à la construction d'installations nouvelles ou soi-disant « en site vierge ». Cependant, comme le souligne la note CAAF/2-WP/8, l'utilisation d'installations de « friches industrielles », soit des infrastructures existantes à l'abandon ou sous-utilisées, pourrait nécessiter considérablement moins de capitaux. En outre, à mesure de l'électrification du transport au sol, la demande de carburants de transport au sol dérivés du pétrole baissera et les installations existantes de raffinement de pétrole pourront être modifiées en vue de la transformation de matières premières de nature biologique. Une telle co-transformation ou cette intégration par les raffineries, des futures capacités de raffinage sous-utilisées pourrait donner l'occasion d'accroître la production de SAF avec des investissements en capital beaucoup moins importants. Cela étant, des difficultés pourraient aussi se présenter si les raffineries de pétrole existantes sont éloignées des lieux de production des matières premières de SAF.

---

<sup>3</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/06/business/energy-environment/france-cars-ban-gas-diesel.html>

<sup>4</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/26/world/europe/uk-diesel-petrol-emissions.html>

<sup>5</sup> IRENA (2017), *Biofuels for aviation: Technology brief*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

3.4 Il est également souligné que l'analyse ne prend en considération que les technologies attestées en laboratoire ou dans le cadre de projets pilotes et qui peuvent se trouver presque au stade de l'exploitation commerciale. Il reste que l'introduction d'une technologie profondément innovante de production de carburant pourrait aussi considérablement augmenter la capacité des SAF à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de l'aviation. Par exemple, il est possible qu'une technologie complètement nouvelle comme le procédé Power-to-Liquids (PtL) émerge et augmente la capacité des SAF à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de l'aviation.

3.5 Sans perdre de vue ces réserves, les exigences possibles en matière de facilitation des quatre scénarios d'utilisation de SAF sont présentées dans l'Appendice, ainsi que certaines hypothèses utilisées, afin de fournir à la Conférence des informations sur les éventuels investissements, technologies et initiatives de politique nécessaires à la concrétisation des scénarios d'utilisation de SAF décrits.

#### 4. SUITE À DONNER PAR LA CAAF/2

4.1 La CAAF/2 est invitée :

- a) à examiner, lors de la discussion au sujet de la Vision de l'OACI sur l'aviation et les carburants alternatifs, les informations relatives aux éventuels investissements, technologies et initiatives de politique nécessaires à la concrétisation des scénarios d'utilisation de SAF décrits ;
- b) à convenir que la production de SAF pour l'aviation internationale de 5 millions de tonnes par an constitue une hypothèse réaliste pour l'utilisation de SAF à court terme en 2025 ;
- c) à examiner, lors de la discussion au sujet de la Vision de l'OACI sur l'aviation et les carburants alternatifs, les quatre scénarios d'utilisation de SAF (4 %, 28 %, 50 % et 100 %) et les hypothèses connexes décrites dans la présente note.

-----

APPENDIX

POSSIBLE FACILITATION CONDITIONS FOR FOUR SAF DEPLOYMENT SCENARIOS

**Assumptions:**

- average production facility size of 5000 barrels per day (bpd) with a 50% SAF output share and 365 production days per year; and
- annual capital investment lower bound of \$175 million U.S. Dollars per facility, corresponding to a petroleum refinery<sup>6</sup>, and an upper bound of \$700 million U.S. Dollars per facility based on techno-economic studies of biorefineries in literature.

Analysis year	Key indicators on 4% SAF replacement (Scenario: Low)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15		
2040	400	11	2.8%	1.3%	100	\$10 to \$35		
2050	570	20	4.0%	2.0%	200	\$20 to \$70		

Analysis year	Key indicators on 28% SAF replacement (Scenario: Illustrative)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Improvements in fuel production efficiencies	- Bioenergy production incentivized by policies
2040	400	89	22%	15%	800	\$70 to \$280		- Bioenergy resource allocation to all end-usages in proportion to share in final energy demands
2050	570	160	28%	19%	1400	\$100 to \$500		

<sup>6</sup> Gary, J.H., Handwerk, G.E. & Kaiser, M.J. 2007. *Petroleum Refining: Technology and Economics*, 5th edn. (Taylor & Francis, Basel, Switzerland).

Analysis year	Key indicators on 50% SAF replacement (Scenario: Intermediate)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Improvements in fuel production efficiencies	- Bioenergy production strongly incentivized by policies
2040	400	128	32%	12%	1100	\$100 to \$400	- Increased agricultural yields and arable land availability	- Bioenergy resource allocation to all end-uses in proportion to share of final energy demands
2050	570	285	50%	33%	2400	\$200 to \$850	- Significant agricultural and forestry residue removal	

Analysis year	Key indicators on 100% SAF replacement (Scenario: Maximum)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Highest agricultural yield growth rates and highest land availability	- Bioenergy production strongly incentivized by policies
2040	400	342	86%	49%	2900	\$250 to \$1000	- Highest agricultural and forestry residue removal rates	- Alternative jet fuel production prioritized over all other uses of bioenergy
2050	570	>570	100%	63%	5200	\$450 to \$1800	- Improvements in fuel production efficiencies	