



Le transport aérien : des efforts engagés encore à l'état d'expérimentation

Au regard du changement climatique, le transport aérien présente deux spécificités majeures. D'abord une forte croissance de ses émissions, que les progrès technologiques et organisationnels s'avèrent aujourd'hui incapables de contenir. Ensuite, le transport aérien international a été exclu du champ des négociations climatiques et des secteurs couverts par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le dossier a été confié un organisme, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) rassemblant les acteurs dominants du secteur (constructeurs, compagnies aériennes). Il en est résulté une proposition de gestion des émissions à long terme du transport aérien : le dispositif CORSIA pour « Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation ».

Principal rédacteur • JEAN PAUL CERON • *Expert associé TEC politiques climatiques et énergétiques - Membre du GIEC*

SOMMAIRE

1 • LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT AÉRIEN EN PROGRESSION CONSTANTE

2 • LA PRISE EN CHARGE INSTITUTIONNELLE ET POLITIQUE DES ÉMISSIONS DE L'AVIATION : LA PROPOSITION DE L'OACI

- Le régime
- CORSIA
- Le positionnement des acteurs face aux grands systèmes de compensation
- La Suède, cavalier seul sur la taxation des vols

3 • LES SYSTÈMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE

- Compensation volontaire mise en place par les compagnies aériennes en appui sur des labellisations
- Les tour-opérateurs tablent aussi sur la labellisation de compensation volontaire

4 • LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

- Les motorisations
- Les biocarburants
- Les aéroports



1 • LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT AÉRIEN EN PROGRESSION CONSTANTE

Dans le calcul des émissions émises par le secteur du transport aérien, les émissions de transport international (530 millions de tonnes de CO₂-e en 2015 soit environ 60% du total) et celles des transports internes aux États (345 millions de tonnes de CO₂-e soit 40%) sont toujours distinguées. La dynamique temporelle de ces émissions est la résultante de la croissance du transport aérien et de l'amélioration de son efficacité énergétique.

MTco2-e	2015
aviation internationale	
monde	529,69
europa	136,08
France	17,78
aviation nationale	
monde	345,44
europa	18,98
France	3,64

TABLEAU 1. ÉMISSIONS DE L'AVIATION INTERNE ET INTERNATIONALE EN 2015

(Source : Agence internationale de l'énergie (AIE), Enerdata)

L'aviation internationale est le facteur qui tire la croissance des émissions. De 1990 à 2015, ses émissions ont progressé de 104,6% au niveau mondial, de 88,1% pour l'union européenne et de 88,8% pour la France (AIE, 2017, p.109). **Au niveau mondial, les émissions de l'aviation interne progressent moins, à un rythme trois fois inférieur à celui de l'aviation internationale (+ 15% sur la période 2000-2017) (Enerdata)**

En Europe, ces émissions stagnent, et même diminuent en France de 13% sur la période 2000-2016 (source Enerdata), probablement du fait de l'augmentation de l'offre ferroviaire à grande vitesse. L'union européenne représente 26% des émissions de l'aviation internationale et 5,5% des émissions internes aux états, ce qui est aisément explicable par la taille

réduite des pays membres. La France rend compte de 13% des émissions européennes pour l'aviation internationale et de 19% pour l'aviation interne ; ce qui reflète à la fois une propension moindre à voyager à l'étranger (voyages touristiques) par rapport aux pays d'Europe du Nord et la taille du pays (les 1 000 km des diagonales de l'Hexagone) favorisant certaines liaisons internes par avion.

	Unit	2015	2016	2017
European Union		MtCO₂	18,9757	19,8323
North America	MtCO ₂	172,8483	179,9023	188,1661
Latin America	MtCO ₂	15,5112	14,6124	14,5108
Asia	MtCO ₂	94,0161	101,2096	103,9358
Pacific		MtCO₂	10,1798	10,9321
Africa	MtCO ₂	8,4273	8,1547	8,3436
Middle-East	MtCO ₂	4,0618	4,117	4,0657
World	MtCO ₂	345,4379	359,9141	371,7467

TABLEAU 2. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DE L'AVIATION INTERNE PAR RÉGION

(Source : Enerdata)

Le forçage radiatif de l'aviation.

Le chiffre d'une contribution de l'aviation aux émissions anthropiques de CO₂ de 2% environ est fréquemment avancé; il peut être discuté pour deux raisons : - un calcul alternatif aboutit à des chiffres moins optimistes. Selon l'Agence internationale de l'énergie, l'aviation 2015 rendait compte de 7,5% de la consommation mondiale de pétrole soit 288 Mtep (utilisation de carburant au sol exclue). En multipliant par le coefficient de la Base Carbone[®] de l'Ademe (3,642 tCO₂/tep) qui inclut les émissions de l'extraction, des transports et du raffinage, on obtient 1 049 millions de tonnes CO₂ soit 3,2% des émissions mondiales des combustibles (32 294 millions de tonnes en 2015). Outre le CO₂, l'aviation produit en vol des oxydes d'azote qui ne sont pas des gaz à effet de serre mais sont les précurseurs de l'ozone qui est un gaz à effet de serre puissant et à courte durée de vie d'une part, et contribue d'autre part à la destruction du méthane ce qui a un effet contraire de refroidissement. Le bilan net revient à un réchauffement.

Surtout, à très haute altitude, les avions produisent des traînées de condensation qui peuvent se transformer en cirrus. Ces nuages se forment à des températures très froides (-40°) sous condition d'un fort degré d'humidité, et sont également dépendants des poussières émises par la combustion du kérosène (Kärcher, 2018). Le problème de leur contribution au réchauffement climatique est connu depuis longtemps (Penner, Lister D.H., Griggs D.J, Dokken D.J, & M., 1999); les évaluations existantes montre que cette contribution est importante mais présentent une très forte marge d'incertitude. Cela a été le prétexte pour que cette question soit exclue du champ des discussions sur la contribution de l'aviation au changement climatique, minimisant ainsi très largement son impact.

On notera toutefois que les cirrus, si les vols cessent, l'effet disparaît en 24 heures, contrairement au CO₂ dont la durée de vie est de l'ordre d'une centaine d'années ou plus. Il existe des pistes pour la réduction des cirrus, la principale étant la diminution des poussières de combustion (l'utilisation des biocarburants pourrait être intéressante à cet égard), pouvant laisser espérer une division par 10 de la formation de ces nuages (Kärcher, 2018).

L'estimation ainsi effectuée par un groupe de chercheurs (Lee et al., 2009) fait état d'une contribution de l'aviation de 4,9% au réchauffement climatique en 2005 (avec une probabilité de 90% d'être incluse dans une plage de 2% à 14%).

ENCADRÉ 1

1- Lors de la COP 21 à Paris, la partie du texte concernant les émissions aériennes et maritimes a été retiré au cours des négociations. La prise en charge de cette question continue donc à être menée par l'OACI. Cependant, les négociations climatiques ont adopté une démarche ascendante, avec les Etats fixant leur contribution via les "INDC", tout à fait en opposition avec la démarche descendante ("top-down") de l'OACI avec l'élaboration de normes appliquées par toutes les parties.



2 • LA PRISE EN CHARGE INSTITUTIONNELLE ET POLITIQUE DES ÉMISSIONS DE L'AVIATION : LA PROPOSITION DE L'OACI

• **LE RÉGIME** • La CCNUCC a exclu les émissions du transport aérien international des objectifs fixés aux États en raison de la difficulté de leur attribution, les émissions nationales pouvant être intégrées dans la contribution nationale volontaire (art.31)¹. Déjà en 1992, le protocole de Kyoto précisait que les pays de l'annexe 1 devraient poursuivre la limitation des émissions de gaz autres que ceux couverts par le protocole de Montréal. C'est l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui est chargée du dossier depuis 1998, celui-ci venant s'ajouter à ses missions habituelles (gestion des conventions entre les États, sécurité etc.). Cependant, il existe un décalage évident entre la mission de la CCNUCC qui est de réduire les émissions de gaz à effet de serre et celle de l'OACI qui est de protéger et de promouvoir l'aviation internationale (Lyle, 2018).

À la fin de la période prévue pour le protocole de Kyoto (2012), l'OACI avait peu progressé dans l'établissement des mécanismes pour la gestion des émissions de l'aviation internationale. Elle avait fixé des objectifs : une amélioration volontaire de l'efficacité énergétique de 2% par an, et une neutralité carbone de la croissance de l'aviation à partir de 2020, fondée sur l'utilisation d'instruments économiques, le progrès technologique et organisationnel ainsi que l'utilisation de carburants de substitution. Parallèlement à l'OACI, l'institution représentant les compagnies aériennes (IATA) avançait des perspectives assez similaires en y ajoutant un objectif de réduction des émissions en 2050 de 50% par rapport à 2005 (Bows-Larkin, 2015). **À partir de 2013, l'OACI a commencé à préciser ses intentions : recourir à un mécanisme de marché et aux permis négociables, aux biocarburants et fixer de nouvelles normes techniques pour les avions à partir de 2016.**

Pendant cette période, l'Union européenne plaidait pour des mesures territorialisées et finit par inclure l'aviation dans son système de permis négociables (EU-ETS).

Échec de l'ETS européen sur fond d'opposition de la Chine et des États-Unis

L'inclusion de l'aviation dans le système européen de permis négociables (EU-ETS) est entrée en vigueur en 2009. Une allocation globale pour le transport aérien interne et externe à l'Union européenne a alors été fixée à 95% des émissions moyennes de la période 2004-2006. Étaient concernés tous les vols au départ et à l'arrivée de l'Union européenne.

En 2009, des compagnies aériennes et associations de compagnies aériennes basées aux États-Unis et au Canada ont introduit un recours en annulation dirigé contre la transposition par le Royaume-Uni de la directive européenne. La juridiction anglaise a saisi la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) et dans ce cadre, l'avocat général de la CJUE a rendu début octobre 2011 des conclusions défavorables aux compagnies aériennes. Loin d'atténuer les tensions, ces conclusions préfigurant d'une défaite des compagnies aériennes ont fait monter la tension d'un cran : la Chambre des

représentants a adopté deux semaines plus tard un projet de loi interdisant aux compagnies aériennes américaines de respecter la réglementation européenne. Début novembre 2011, le Conseil de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a adopté une position exhortant l'Union européenne et ses États membres de s'abstenir d'inclure dans l'UE-ETS les compagnies aériennes basées en dehors de l'UE. Une démarche qui a déclenché une vive réaction de Connie Hedegaard, la Commissaire européenne au Climat, et de l'Association des compagnies aériennes européennes (AEA) qui ont déploré une position décevante et de nature politique. La Chine et l'Inde, elles aussi, se sont vigoureusement opposées à l'inclusion de l'aviation dans le marché du carbone européen, dénonçant une décision politique et économique à leur encontre. Toutefois, l'Académie chinoise de sciences sociales, bien que recommandant aux compagnies aériennes chinoises d'intenter des actions en justice contre l'UE, leur préconisait également de limiter leurs émissions CO₂ en utilisant des agro-carburants

en améliorant l'efficacité des moteurs et en optimisant les lignes aériennes.

À la suite de ces pressions, le champ d'application de l'UE-ETS a été restreint aux vols dans l'espace aérien européen et l'allocation a été réduite en conséquence. 82% des permis d'émissions ont été distribués gratuitement, 15% mis aux enchères et 3% affectés à une réserve destinée à l'arrivée de nouveaux opérateurs sur le marché. A fin de compatibilité, la Communauté européenne a ainsi proposé le

maintien indéfini hors champ de l'EU-ETS des vols en provenance ou à destination de l'espace économique européen, ce qui se traduit par un manque à gagner en termes de réduction d'émissions d'environ 1/3. Par ailleurs, pour les vols intra-européens, la Communauté propose d'aligner l'effort demandé à l'aviation sur celui des autres secteurs, ce qui revient à une réduction des permis de 2,1% par an à partir de 2021.

ENCADRÉ 2

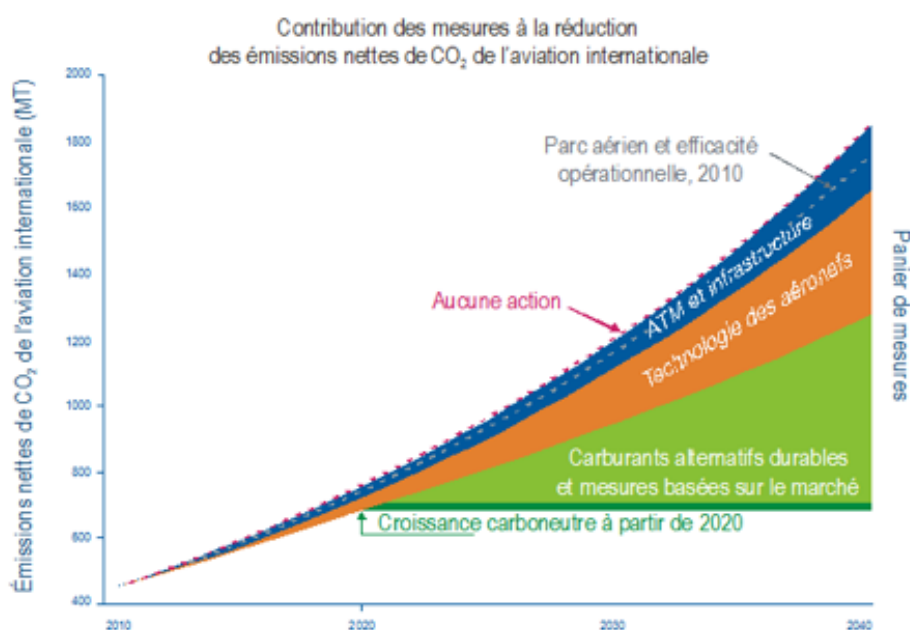


FIGURE 1. LA VISION DE L'OACI POUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS²

Les émissions appréhendées par l'OACI dans ses prévisions de répartition des mesures pour la réduction des émissions nettes de CO₂ dans l'aviation internationale sont celles des transporteurs pour chaque trajet qu'ils effectuent. Ce principe a pour conséquence notamment de contourner le principe des "responsabilités communes mais différenciées" entre pays, fondamental dans les négociations internationales sur le climat mais contradictoire avec celui de l'égalité de traitement gérant l'OACI. La responsabilité du suivi, du reporting et de la vérification (MRV) incombe aux États pour leurs compagnies aériennes internationales. Au-delà du MRV, un important travail de mise au point d'un dispositif de comptabilisation des compensations, de suivi et de vérification (CORSIA) est en cours, porté par l'OACI qui prévoit d'en tenir un registre consolidé

• **CORSIA** • Après plusieurs années de discussions, le secteur du transport aérien a signé, en octobre 2016, un plan de gestion des émissions futures dénommé CORSIA (*Carbon offset and reduction scheme for international aviation*) et élaboré par le Comité de la protection de l'environnement en aviation (CAEP), composé de représentants des pays et d'experts du secteur privé qui jouent un rôle moteur (Lyle, 2018). Le CORSIA est un régime mondial de mesures basées sur le marché conçu pour compenser les émissions de CO₂ de l'aviation internationale afin de stabiliser les niveaux de ces

2 - https://www.icao.int/annual-report-2013/Pages/FR/progress-on-icaos-strategic-objectives-strategic-objective-c1-environmental-protection-global-aspirational-goals_FR.aspx



émissions à partir de 2020 (CNG2020). Le projet de normes et pratiques recommandées (SARP) et les éléments indicatifs connexes forment ensemble le « CORSIA Package » visant à permettre de compenser les émissions de CO₂, grâce à l'acquisition et l'annulation par les exploitants d'avions des unités d'émissions provenant du marché mondial du carbone.

Pour cela, tous les trois ans, les États membres de l'OACI participant au CORSIA doivent vérifier que leurs exploitants d'avions se conforment aux exigences de compensation CORSIA, en plus du MRV des émissions annuelles de CO₂. Le plan comporte une phase pilote débutant en 2021 jusqu'en 2023 et une première phase opérationnelle à partir de 2024 jusqu'en 2026. Ces deux phases s'appuient sur une participation volontaire des États. Enfin, une phase de pleine application à partir de 2027 jusqu'en 2035, incluant tous les États dont la part individuelle des activités de l'aviation internationale en 2018 est supérieure à 0,5% du total mondial ou dont la part cumulative atteint 90% du total mondial. Les pays les moins développés, les petits États insulaires en développement et les États en développement sans littoral sont exemptés de ce dispositif, sauf s'ils adhèrent volontairement au régime. **Ces nombreuses exemptions prévues par l'OACI ont pour conséquence que cet accord pour la réduction des émissions du secteur aérien international devrait à terme couvrir seulement environ 75% des émissions (Lyle, 2018, p.110).**

Procédure de calcul des compensations des émissions à exiger auprès des exploitants dans le système CORSIA

Le calcul des quantités de CO₂ à compenser de la part des exploitants est calculé selon la formule suivante :

Emissions annuelles de l'exploitant x facteur de croissance = quantités de CO₂ à compenser

Le facteur de croissance dans cette équation change chaque année en fonction de la croissance des émissions du secteur et de chaque exploitant. Correspondant au pourcentage d'augmentation de la quantité des émissions de l'année de référence jusqu'à une année future donnée, le facteur de croissance est calculé par l'OACI. Ce calcul des exigences de compensation à attribuer aux exploitants d'avions passera par différentes phases. Sur la période 2021-2029, le facteur sera indexé uniquement sur le facteur de croissance des émissions du secteur. L'objectif est de passer progressivement à un calcul du facteur reposant uniquement sur les évolutions d'émissions des exploitants.

Après avoir effectué ce calcul, l'exploitant rend compte de l'utilisation de carburants d'avion durables pendant la période de conformité. L'État déduit dès lors les avantages tirés de l'utilisation de carburants d'aviation durables et informe l'exploitant de ses exigences finales de compensation pour la période de conformité. Enfin, l'exploitant présente à l'État un rapport d'annulation d'unités d'émissions validé que celui-ci vérifie en informant l'OACI.

Source : OACI, Présentation du dispositif CORSIA, 2018

ENCADRÉ 3

Le positionnement de l'Union européenne vis-à-vis de son système ETS a d'abord consisté à attendre la mise en place du plan de gestion international CORSIA et à prendre en temps voulu les mesures pour s'y adapter. Une évaluation des effets de CORSIA pour l'espace économique européen accompagnait l'étude de la mise en place de l'EU-ETS. Le tableau suivant met ainsi en regard les principales caractéristiques de CORSIA et de l'EU-ETS ; il met en lumière l'écart d'ambition et les problèmes de compatibilité entre les deux systèmes.

La mise en place du système CORSIA, comme celui de l'EU-ETS, est sujet à caution. De nombreuses divergences de vue entre l'OACI et d'autres acteurs non-étatiques sur le sujet de la réduction des émissions du secteur aérien international témoignent de la complexité des positionnements de chacun des acteurs au regard des actions qu'ils peuvent mener.

CORSIA	EU ETS
Croissance illimitée	Plafond évolutif
Rien concernant les émissions sous le niveau de 2020	Couverture totale des émissions, avec une exclusion « temporaire » de l'aviation à destination ou de provenance extra européenne
Couverture partielle des émissions (exceptions)	
Complètement fondée sur la compensation	Exclut la compensation à partir de 2020
Critères de la compensation actuellement inconnus	Liste de ce qui ne peut être retenu comme compensation
Volontaire jusqu'en 2027	Contraignant
Absence de sanctions	Pénalités financières

TABLEAU 3. DIVERGENCES ENTRE LES APPROCHES DU DISPOSITIF CORSIA, ET LE SYSTÈME D'ÉCHANGE DE QUOTAS CARBONE EUROPÉEN.

Source : Adapté de Carbon Market Watch, 2017

• LE POSITIONNEMENT DES ACTEURS FACE AUX GRANDS SYSTÈMES DE COMPENSATION • Les constructeurs et les compagnies aériennes interviennent à travers plusieurs associations ayant pour but d'alimenter en expertise le débat sur les méthodes de réduction des émissions CO₂ du secteur aérien. Les principales associations sont l'ATAG et l'ACARE³ côté constructeurs, l'IATA pour les compagnies aériennes. Ces acteurs ont certainement joué un rôle déterminant dans le processus d'élaboration, assez opaque, des propositions de l'OACI et ils adhèrent totalement à une stratégie associant l'usage des biocarburants et une compensation des émissions restantes. Leur communication insiste sur évolutions technologiques et organisationnelles attendues. Par exemple, il s'agit d'une réduction de 75 % des émissions au passager.km de CO₂ en 2050 par rapport à 2005 (source ACARE)⁴. Objectif à tenir dans un contexte de développement accru du trafic aérien mondial. En effet, l'IATA prévoyait en octobre 2018 un doublement du trafic aérien mondial à l'horizon 2037.

Or, d'après le rapport annuel 2016 du Carbon Market Watch, l'apport maximal de CORSIA à la réduction des émissions de l'aviation est estimé à 0,3 GT de CO₂ équivalent par an alors que le supplément d'émissions du secteur en 2030 par rapport à 2017 devrait être d'environ 0,6 GT. La Coalition internationale pour une aviation durable (ICSA)⁵ a publié un rapport en février 2018, intitulé « *Comprendre le Programme CORSIA : un guide critique des principales dispositions du projet de normes et pratiques recommandées et des éléments indicatifs connexes pour le Programme de compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale (CORSIA)* », dans lequel elle émet un avis critique sur la mise en place de ce système et sur plusieurs éléments dans son fonctionnement.

Tout d'abord, elle estime que le système de suivi, de compte rendu et de vérification (MRV) du CORSIA tel que proposé dans le « CORSIA Package » n'est pas suffisamment transparent. Pour ICSA, le fait d'autoriser des tiers à accéder aux rapports d'émissions soumis par les exploitants

3 - <https://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/volume1.pdf>

4 - <https://www.acare4europe.org/documents/delivering-europe%E2%80%99s-vision-aviation-sria-2017-update>

5 - L'ICSA est composée de l'Aviation Environment Federation (AEF), Carbon Market Watch, EDF Environmental Defense Fund, the International Council on Clean Transportation (ICCT), Transport & Environment, et le WWF.



d'avions contribuerait à garantir l'intégrité environnementale du CORSIA et à éviter une distorsion du marché en dissuadant tout traitement de faveur à l'égard des transporteurs. Par ailleurs, la coalition suggère que l'OACI s'abstienne d'attribuer des crédits aux carburants d'aviation alternatifs dans le cadre du CORSIA tant que les dispositions relatives aux carburants d'aviation durables, et notamment concernant les critères de durabilité, n'ont pas été renforcées. Ces critères de durabilité stricts et exhaustifs devraient ainsi, selon ICASA, être prévus dans les éléments finaux de mise en œuvre du CORSIA avant le lancement de la phase pilote de 2021.

• **LA SUÈDE, CAVALIER SEUL SUR LA TAXATION DES VOLS** • En Suède, une loi adoptée le 30 novembre 2017 a acté la mise en place, à compter du 1^{er} avril 2018, d'une taxe aéronautique. L'État suédois impose ainsi aux compagnies aériennes de déclarer et payer la taxe sur tous les vols commerciaux, au départ de Suède, affrétant des aéronefs de plus de 10 places. Le taux de taxation dépend de la destination finale du passager : 6 € vers les pays d'Europe continentale, 25 € vers les pays hors Europe (Moyen-Orient, Afrique, USA, Asie Centrale), et 40 € vers les pays autres. La loi prévoit des exemptions pour les enfants de moins de 2 ans, les équipages en services, les vols suivant un arrêt technique, les vols revenant à l'aéroport pour des raisons météorologiques ou suite à une panne mécanique.

Les conséquences de la mise en place de cette taxe se sont très rapidement fait ressentir. **Le 1^{er} octobre 2018, l'Agence suédoise des transports a abaissé de 500 000 passagers ses prévisions de trafic aérien pour 2018 et 2019 par rapport aux prévisions publiées au printemps 2018. Le nombre de passagers au départ des aéroports suédois devrait donc seulement augmenter de 1,3% en 2018 soit au total 23,7 millions de passagers, et 2,3% en 2019 (soit au total 23,9 millions de passagers).** Le trafic extérieur devrait augmenter, tandis que le trafic intérieur devrait diminuer. L'Agence suédoise des transports a attribué l'augmentation relativement faible du nombre de passagers à la taxe sur le transport aérien suédoise, entrée en vigueur en avril 2018, et à la faillite de Nextjet, principale compagnie aérienne régionale, qui a entraîné une réduction de l'offre, en particulier sur le marché intérieur de l'aviation. Par ailleurs, suite à sa mise en place, les compagnies aériennes ont vivement réagi, par l'intermédiaire de l'IATA, avertissant que cette taxe provoquerait, à court terme, la suppression de 7 500 emplois en Suède et aurait un impact négatif sur la compétitivité économique de la Suède, le secteur représentant actuellement 4% du PIB et 240 000 emplois dans le pays. Il faut noter que l'IATA n'a pas évoqué la Convention de Chicago de 1944, document de référence de la régulation du trafic aérien international, qui est à l'origine de la création de l'OACI, et qui précise que le carburant contenu dans le réservoir d'un avion ne peut pas être taxé à l'arrivée dans un pays. Cette convention est régulièrement mise en avant pour empêcher toute taxation du kérosène

3 • LES SYSTÈMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE

Des ONG de protection de l'environnement et de petites entreprises spécialisées dans le conseil en développement durable cherchent à produire et vendre des « crédits carbone » aux entreprises non visées par le protocole de Kyoto. **Ce mécanisme marchand est appelé « marché volontaire » de la compensation carbone. Ces promoteurs démarchent donc des entreprises de secteurs divers qui n'ont pas obligation juridique de s'investir dans des services de compensation de leurs émissions GES (Valiergue, 2018).** Certains d'entre eux vont même jusqu'à étendre leurs propositions en promouvant des catégories de projets non-répertoriés par l'ONU comme pouvant donner lieu à la production de crédits carbone, par exemple la vente de fours améliorés ou distribution de filtres à eau. La consolidation de ce marché volontaire de la compensation s'appuie sur la mise en place de différents dispositifs et pratiques qui valorisent monétairement ces services de compensation carbone. A ce titre, de nombreux acteurs économiques mettent en place des services d'accompagnement pour la compensation carbone volontaire de la part des clients lors de leurs achats, particulièrement dans le secteur du tourisme et de l'aérien.

• COMPENSATION VOLONTAIRE MISE EN PLACE PAR LES COMPAGNIES AÉRIENNES EN APPUI SUR DES LABELLISATIONS •

La compagnie aérienne Ryanair propose aux clients de cocher une case lors de l'achat de leur billet afin de « faire un don pour compenser l'empreinte carbone de mon vol et contribuer à d'autres initiatives environnementales ». Air France, quant à elle, envoie un courrier électronique aux clients après un vol pour promouvoir son initiative « Trip and Tree ». Les consommateurs peuvent aussi faire le choix de passer directement par des organismes privés ou des ONG spécialisées afin de compenser monétairement les émissions carbone de leurs voyages. Le principe est toujours le même : après avoir calculé l'équivalent carbone du voyage, le total est converti en une somme d'argent, que le voyageur peut verser à l'association de son choix qui se chargera, par exemple, de planter des arbres. La labellisation devient alors un outil essentiel afin que le consommateur puisse se repérer dans la multitude d'offres de compensation.

Différences d'évaluation dans les calculs des besoins de compensation à l'achat d'un billet d'avion.

Dans le cadre d'un reportage, le journal français Libération s'est essayé, en octobre 2018, à un test d'achat de billet d'avion pour un aller simple direct entre Paris et Le Cap, en Afrique du sud, sur plusieurs plateformes intégrant des calculateurs. Il en est déduit qu'un voyageur en classe économique consomme :

- l'équivalent de 932 kg de carbone, si on se fie au calculateur d'Air France ;
- 1,735 tonnes, si on en croit l'allemand [atmosfair.de](https://www.atmosfair.de), qui prend en compte le modèle d'avion ;
- 1,8 tonne de CO₂, selon myclimate.org ;
- 1,98 tonnes, nous disent [CO2solidaire.org](https://www.CO2solidaire.org), [climatmundi.fr](https://www.climatmundi.fr) et [greentripper.org](https://www.greentripper.org) ;
- 2,05 tonnes, chez [GoodPlanet.org](https://www.GoodPlanet.org) (la fondation de Yann Arthus Bertrand) ;
- 2,31 tonnes, annonce [CO2balance.com](https://www.CO2balance.com) ;
- sur le site du ministère français de l'environnement (MTES) (Direction générale de l'aviation civile), il semble impossible de trouver Le Cap pour destination. Mais il est indiqué une consommation de 891 kilogrammes d'équivalent CO₂ pour un vol Paris-Johannesburg (Afrique du sud).

En conclusion, il semble donc possible, selon les calculateurs, de multiplier par 2,5 l'estimation de consommation d'un même vol, ce qui ajoute à l'incertitude quant à l'efficacité des actions de compensation volontaire et à la perte de lisibilité pour les consommateurs.

Source : https://www.liberation.fr/planete/2018/10/20/compenser-ses-voyages-en-avion-une-fausse-solution_1684614

ENCADRÉ 4

L'adhésion d'un opérateur à un label international apparaît alors comme un plus bénéfique. Communément admis comme étant le plus performant, le Gold Standard a été créé en 2003, à l'initiative des ONG internationales WWF, SouthSouthNorth et Helio International, est considéré comme garantissant la meilleure traçabilité des projets de compensation à l'heure actuelle. D'autres se positionnent également comme labels de référence, à l'image du « VCS » créé en 2006, et adopté par la Caisse des dépôts pour la création de son registre de crédits carbone en mars 2009.

Outre les labels, le choix du projet reste primordial. Les projets de reforestation sont par exemple très controversés, au point que Climat Mundi (bureau d'étude spécialisé dans l'accompagnement des acteurs économiques et institutionnels dans l'intégration des problématiques climatiques et de réduction des émissions dans leurs politiques de développement) se refuse à en financer, la



difficulté d'évaluer la quantité de carbone stockée dans une forêt, ainsi que la diachronie entre CO₂ émis par les humains et compensation efficace par une forêt à minima trentenaire, restant aujourd'hui deux des problèmes principaux.

• **LES TOUR-OPÉRATEURS TABLENT AUSSI SUR LA LABELLISATION DE COMPENSATION VOLONTAIRE** • Les tour-opérateurs se mobilisent également pour mettre en avant la compensation volontaire auprès de leurs clients. Le label ATR (Agir pour un Tourisme Responsable) entièrement renouvelé en 2015 a souhaité s'ouvrir aux grands opérateurs démontrant que le tourisme durable ne devait pas se cantonner à une niche. Jusqu'ici, les entreprises opératrices étaient invitées à établir leur bilan carbone annuel en fonction des choix des offres proposées à leurs clients. Pour aller plus loin, la direction du label ATR a annoncé vouloir proposer, à compter du second semestre 2018, que 100% des émissions du périmètre des entreprises opératrices de voyage soient compensées. L'argument avancé par le label est qu'il semble indispensable, qu'avant de demander des compensations volontaires à leurs clients, les opérateurs soient eux-mêmes volontaristes sur la question. Certaines entreprises opèrent déjà ce changement comme le voyageur Les Ateliers du Voyages (groupe Travel Lab), labellisé ATR, qui a par exemple, à l'occasion de la journée mondiale pour un tourisme responsable le 2 juin, a pris en charge la compensation carbone de tous les voyages vendus cette semaine-là. Cette démarche s'est appuyée sur un partenariat avec la plateforme CO₂ Solidaire du GERES, qui a été lancée en 2004 et qui est aujourd'hui au service de quatre porteurs de projets (GERES, Initiative Développement, Microsol et Bleu-Blanc-Cœur) avec pour objectif de proposer des crédits carbone à haute qualité sociale en circuit court.

Impact de l'évolution du tourisme mondial sur le secteur de l'aérien.

Une étude parue en mai 2018 dans la revue *Nature Climate Change* (Lenzen & al., 2018) stipule que l'activité touristique est responsable d'environ 8% des émissions mondiales de GES. Entre 2009 et 2013, l'empreinte carbone du secteur au niveau mondial serait ainsi passée de 3,9 à 4,5 milliards de tonnes équivalent CO₂, en considérant les émissions liées aux transports mais aussi à celles découlant de la consommation de biens et services par les touristes et voyageurs d'affaires. Au regard de la forte crois-

sance estimée du secteur touristique mondial, soit +7% sur l'année 2017, les auteurs de cette étude concluent que le tourisme continuera à constituer une part croissante des émissions mondiales de GES dans les années à venir et donc renforcera les besoins de déplacements, particulièrement aériens. La plus grande part de ces émissions proviendraient des pays à revenus élevés, du fait des séjours intérieurs (en appui sur le développement des vols low-cost intérieurs) mais aussi de leurs ressortissants voyageant à l'étranger.

ENCADRÉ 5

D'autres voyageurs se sont également très tôt intéressés au sujet, à l'image de l'entreprise Voyageurs du Monde. Depuis 2007, le voyageur compense 100% des émissions de ses salariés et jusqu'à 20% de celles de ses clients par des programmes de reforestation par le biais de la fondation "Insolite Bâtitisseur Philippe Romero". Depuis le 1^{er} janvier 2018, le groupe va plus loin en prenant en charge 100% des émissions de CO₂ générées par le transport aérien et terrestre de chaque voyage réalisé par Voyageurs du Monde et Terres d'Aventure. Au total, cette démarche coûte environ 500 000€ par an pour Voyageurs du Monde et 200 000€ pour Terres d'Aventure. Un choix important pour les deux entreprises qui se substitueront ainsi à la compensation volontaire de la part de leurs clients qu'ils estiment peu efficace. D'autres ont développé des systèmes de compensation hybrides : 50% du montant de la compensation carbone est assurée par les clients, le voyageur prend en charge le solde pour financer des outils et équipements économes en énergie dans les pays en développement, en s'appuyant sur des partenariats avec des ONG et associations

locales. Le voyageur Double Sens a mis en place ce système d'engagements dans ces projets de la part des voyageurs depuis 2017 et en tire des résultats intéressants avec 30% des voyageurs participant à la démarche de compensation volontaire.

4 • LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Dans le cadre de la préparation de la COP 21 à Paris, en 2015, les constructeurs aéronautiques ont pris des engagements, aux côtés des grandes compagnies aériennes mondiales, afin de réduire significativement les émissions CO₂ émises par les engins issus de leurs chaînes de production. **Dans une lettre d'engagements publiée par le Groupe d'Action sur le Transport Aérien (ATAG), les 28 dirigeants des principaux constructeurs de l'aviation commerciale, des motoristes et des groupes de commerce des compagnies aériennes et des aéroports du monde ont déclaré envisager une amélioration annuelle de 1,5% de l'efficacité énergétique du parc mondial, une croissance neutre en carbone à partir de 2020 et une réduction de 50% des émissions de CO₂ d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2005.** Pour respecter cette feuille de route, constructeurs et compagnies travaillent sur 3 grands axes : réduction du poids des avions, nouvelles technologies de motorisation et carburants alternatifs au kérosène. Les évolutions des infrastructures aéroportuaires et les directives des compagnies à l'adresse des équipages au sol permettent également de participer à l'effort du secteur.

• **LES MOTORISATIONS** • Les entreprises de construction aéronautiques, particulièrement les deux principales à l'échelle mondiale, Airbus et Boeing, s'appuient sur une filière d'entreprises motoristes. Deux grandes entreprises concurrentes, l'une franco-américaine (CFM International), l'autre américaine (Pratt & Whitney) se disputent le marché mondial. Leurs multiples collaborations, avec Airbus notamment, ont permis la livraison, en 2016, de 68 aéronefs A320neo, dont le premier exemplaire doté de moteurs LEAP-1A a été livré à la compagnie turque Pegasus Airlines. Avec l'A320neo, Airbus a vendu une réduction de 15% de la consommation de carburant par siège dès sa mise en service, et de 20% d'ici à 2020 par rapport à l'A320 actuel. Le moteur de CFM International offre donc aux opérateurs des améliorations à deux chiffres en termes de consommation de carburant et d'émissions de CO₂ par rapport aux meilleurs moteurs CFM jusqu'alors en service, ainsi qu'une diminution des émissions d'oxyde d'azote et des nuisances sonores. La société commune à 50-50 entre General Electric (GE) et Safran, CFM International, a ainsi prévu de livrer une centaine de moteurs LEAP en 2016, puis 500 en 2017 et 1 200 en 2018. Plus de 11 100 commandes et intentions d'achat avaient été enregistrées pour le moteur LEAP à fin juillet 2016 (contre 8 400 GTF de P&W à mi-décembre). L'ensemble des technologies mises en œuvre se traduiront, selon les constructeurs, par une optimisation des conditions d'exploitation, combinées à la fiabilité et aux faibles coûts de maintenance des moteurs de CFM. Selon Safran, elles permettront une plus grande disponibilité des flottes, une longévité accrue contribuant à réduire les coûts et les opérations de maintenance.

L'ère de l'hybride-électrique s'ouvre pour le secteur aéronautique.

Un avion à propulsion hybride-électrique volera en 2020. C'est l'engagement pris en décembre 2017 dans un accord tripartite conclu entre Airbus, le motoriste Rolls-Royce et l'allemand Siemens. Cette coopération complète l'accord envisagé dès avril 2016 entre Airbus et Siemens visant à développer, d'ici 2020, des moteurs hybrides et électriques pour des avions, des hélicoptères ou des drones.

Les industriels misent sur un projet baptisé E-Fan X pour concevoir un avion moins dépendant des carburants fossiles afin de respecter les objectifs pla-



nétaires de réduction des émissions de CO₂. Ce programme remplace l'E-Fan, aéronef bi-place équipé d'une motorisation 100 % électrique qu'Airbus avait abandonné en mars 2017.

Au sein de ce projet, aux côtés d'Airbus, responsable de l'intégration globale du système de propulsion hybride et des batteries, Rolls-Royce se chargera du turbomoteur, du générateur de deux mégawatts et de l'électronique de puissance. Siemens livrera les moteurs électriques et leur boîtier de commande électronique de puissance, ainsi que l'inverseur, le convertisseur DC/DC et le système de distribution de puissance.

Le vol de l'avion E-Fan X est prévu pour 2020, à l'issue d'une campagne complète d'essais réalisés au sol. Il s'agira d'un avion d'essai BAe 146, dont l'un des quatre réacteurs aura été remplacé par un moteur électrique d'une puissance de deux mégawatts. Par la suite, des dispositions seront prises pour remplacer une deuxième turbine par un moteur électrique, une fois que la maturité du système aura été démontrée, tel que le précisent les trois industriels impliqués.

Source : Airbus Newsroom, 2017

<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2017/11/airbus--rolls-royce--and-siemens-team-up-for-electric-future-par.html>

ENCADRÉ 6

• **LES BIOCARBURANTS** • Les constructeurs d'avions ont souligné, dans le cadre préparatoire aux accords de Paris sur le climat, l'importance qu'elles accordent aux biocarburants, permettant potentiellement une réduction des émissions de CO₂ de 50 à 80 % par rapport aux carburants fossiles, avec la mise en place de filières « biocarburants aéronautiques durables ». **Dans une optique de massification de l'utilisation des biocarburants, les acteurs du secteur et les États membres de l'OACI ont identifié un ensemble de mesures pour le déploiement de carburants alternatifs durables de type « drop-in »** (carburants de structure chimique analogue aux carburants fossiles facilitant leur incorporation à haute teneur). L'intégration des carburants alternatifs dans la phase pilote du système de compensation carbone CORSIA en 2021 est déjà prévue. De plus, dans la prochaine version de la Directive Energies Renouvelables attendue courant 2018, l'Europe envisage d'intégrer le secteur de l'aviation dans les objectifs ENR8 du secteur transport. De son côté, l'État français a signé, fin 2017, un partenariat public/privé sous la forme d'un Engagement pour la Croissance Verte (ECV) relatif à la mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques durables en France, issus de biomasses de type déchets.

S'appuyant sur le premier essai d'un avion ayant volé au biocarburant en 2008, l'IATA lançait en 2011 son programme Sustainable Aviation Fuel (SAF) en envisageant qu'à l'horizon 2017, 100 000 vols s'effectueraient avec du biocombustible et qu'en 2020 environ un million de vols seraient concernés. A terme, la projection menait à 1 milliard de passagers voyageant potentiellement sur des vols aux biocarburants en 2025. L'atteinte de cet objectif présume que de nombreux engagements bilatéraux entre producteurs et compagnies aériennes, et parfois aussi constructeurs, puissent voir le jour dans les prochaines années. **Déjà, depuis 2009, date du premier partenariat déclaré, ces engagements se multiplient, 28 au total entre 2010 et 2015, impliquant régionalement les parties prenantes (IATA, 2015).** Le vol de Hainan Airlines, du 21 novembre 2017, s'est effectué en utilisant du biocarburant fabriqué par l'unité locale de Sinopec Group, industriel pétrochimique chinois. La Chine a ainsi effectué son premier vol transocéanique, au départ de Pékin et à destination de Chicago, au carburant vert, transportant 186 passagers et 15 membres d'équipage. L'avion Boeing 787 a volé avec du biocarburant produit à partir d'huile de cuisson usagée fournie par China Petroleum and Chemical Corp., filiale de Sinopec Group basée à Ningbo, dans la province

du Zhejiang. Si l'industriel et la compagnie se sont félicités de cette réussite, le biocarburant ici utilisé était composé seulement à 15% d'huile de cuisson et à 85% de carburant d'aviation classique. Bien qu'un certain nombre de compagnies aériennes aient signé des contrats d'accords d'achat sur des biocarburants, les résultats ne sont pas à la hauteur des ambitions envisagées par l'IATA. Sur une base de 51 à 55 \$/baril de combustible fossile, l'utilisation de biocarburant constituait en 2017 un surcoût d'environ 27% pour les compagnies aérienne (US department of Energy, 2017).

L'accord SAS et Preem pour l'utilisation de biocarburant

En Suède, SAS, compagnie aérienne, et Preem, compagnie pétrolière, ont signé une lettre d'intention pour un accord de production et d'utilisation de carburant aviation renouvelable. SAS a pour ambition de remplacer le volume de carburant actuel destiné à l'aviation nationale par des biocarburants d'ici 2030. La lettre d'intention signifie que SAS et Preem vont collaborer pour assurer conjointement

la production de biojet (carburant d'aviation renouvelable ou biocarburant) dans le cadre de l'extension prévue de la capacité de Preem sur la raffinerie de Göteborg. Le démarrage de préliminaire la production commencera en 2022 et la capacité totale des biocarburants est estimée à plus d'un million de mètres cubes, dont un sous-ensemble peut être biojeté sur l'avion.

ENCADRÉ 7

Afin de booster le développement des initiatives, le Secrétariat de l'OACI a publié une proposition de très grande échelle pour l'utilisation de biocarburants, avant sa conférence de haut niveau sur les carburants alternatifs à Mexico, du 11 au 13 octobre 2017. **La proposition impliquerait 5 millions de tonnes de biocarburants par an utilisées par l'aviation à l'horizon 2025, soit 2% des projections d'utilisation de carburant d'aviation ; 128 millions de tonnes par an utilisées d'ici 2040, ce qui représente 32% du carburant de l'aviation projeté ; 285 millions de tonnes par an utilisées d'ici 2050, soit 50% du carburant de l'aviation projeté.** Mais au-delà des quantités de production et consommation, la question de la qualité des biocarburants utilisés est importante, non seulement pour une question de performance de carburant mais également pour des questions d'impact environnemental et de réduction d'utilisation de carburants fossiles classiques. Six biocarburants aéronautiques sont d'ores et déjà certifiés par l'ASTM (American Society for Testing and Materials) pour un usage en mélange avec le kérosène fossile et plusieurs nouvelles technologies sont en cours de certification.

Les technologies biocarburants aéronautiques certifiées ASTM en juin 2018. Source : ANCRE

Technologies certifiées	Ressources biomasses	Taux de mélange certifié	Maturité technologique	Principaux acteurs impliqués sur l'ensemble de la chaîne (dont industriels et acteurs R&D français)
HEFA (1) Hydrotraitement d'huiles	Huiles végétales, huiles usagées, graisses animales, huiles microbiennes	50 % vol.	TRL9 : Technologie mature dont usine Total en cours d'ouverture à la Mède (France)	Axens, Total, IFPEN Neste (Finlande, Pays-Bas, Singapour), UOP-ENI (Italie, USA)
HEFA (1-bis) Hydrotraitement d'huiles	Idem HEFA (1) en coprocessing avec des résidus du raffinage	5 % vol.	TRL9 : Technologie mature	Idem HEFA (1)
FT-SPK (2) Gazéification & Fischer-Tropsch	Biomasse lignocellulosique	50 % vol.	TRL8 : Fin du programme R&D BioFuel en France en 2019	Bionext (BioFuel), IFPEN, CEA, AVRIL BELT (Canada), Fulcrum (USA), RedRock (USA), Velocys (USA)
FT-SPK (2-bis) + aromatiques	Biomasse lignocellulosique	50 % vol.	Démontré sur ressources fossiles TRL7 à partir de biomasse	Idem FT-SPK (2)
SIP (3) Farnesane par voie biologique	Sucres issus de plantes sucrières, Sucres lignocellulosiques	10 % vol.	TRL9 : Technologie mature à partir de canne à sucre au Brésil, TRL4 : R&D sur voie lignocellulosique	Amyris (Brésil) en partenariat avec Total et Airbus pour l'importation
ATJ (4) Iso-butanol ou éthanol	Sucres issus de plantes sucrières, Sucres lignocellulosiques	50 % vol.	Technologie mature pour la production d'alcool, TRL7 sur la chaîne complète, TRL4 à démontrer sur biomasse lignocellulosique	GEVO, Lanzatech, Byogy (USA) Ethanol lignocellulosique : Procethol2G (Futuro), INRA, IFPEN, ARD, Lesaffre , Biochemtex (Italie), Clariant, Poet-DSM (USA), Praj (Inde)

(1) Hydrotreated Esters And Fatty Acids ; (2) Fischer-Tropsch - Synthetic Paraffinic Kerosene ; (3) Synthesized Iso-Paraffins ; (4) Alcohol To Jet.

FIGURE 2. LES TECHNOLOGIES BIOCARBURANTS AÉRONAUTIQUES CERTIFIÉES ASTM EN JUIN 2018

Source : ANCRE, juin 2018



Dans son rapport d'octobre 2017, l'ONG Biofuelwatch mettait en garde sur la durabilité économique et environnementale de l'utilisation massive des biocarburants agréés par l'ASTM (Biofuelwatch, 2017). Parmi ceux-ci, l'HEFA est un carburant d'aviation issu du raffinage d'huile végétale hydrotraî-tée, impliquant l'utilisation d'hydrogène (procédé HVO). Il s'agit donc d'un type particulier d'HVO destiné à l'aviation, légèrement différent du HVO diesel utilisé comme carburant pour le secteur routier. Biofuelwatch rappelait dans son rapport que les combustibles HVO, et spécifiquement HVO diesel, sont des carburants en très forte augmentation de production. L'ONG craint que ce nouveau marché n'ouvre sur une demande toujours plus importante d'huiles végétales, particulièrement d'huile de palme. **Un développement exponentiel de l'utilisation des HVO dans l'aviation, sous le prétexte de réduction des émissions carbone du secteur, pourrait ainsi provoquer une massification supplémentaire de la culture de palmiers à huile, entraînant la poursuite de la déforestation, les surfaces actuelles ne pouvant suffire à satisfaire toutes les demandes, alimentaire et de carburant...**

• **LES AÉROPORTS** • Face à l'enjeu de réduction des émissions carbone du secteur, les plateformes aéroportuaires elles-aussi prennent des engagements pour accompagner la transition nécessaire. **Selon la CCNUCC, en octobre 2018, on comptait 250 aéroports dans 68 pays (sur 3 864 aéroports commerciaux dans le monde) ayant pris des engagements à lutter contre le changement climatique et 44 d'entre eux auraient d'ores et déjà atteint la neutralité climatique dans le cadre du programme d'accréditation carbone des aéroports géré par le Conseil International des Aéroports (ACI).** Quelque 48 aéroports ont adhéré au programme au cours de la période de 12 mois se terminant en mai 2018, soit une augmentation de 25% par rapport à l'année précédente. Au total, ce sont 3,3 milliards de passagers concernés l'année dernière, ce qui représente 44,2% du trafic mondial de passagers selon Airport Carbon Accreditation (ACA). L'ACI Monde examine actuellement diverses options pour faire en sorte que les aéroports du monde entier adhèrent officiellement au programme.

L'ACI distingue différentes sources d'émissions par champ d'implication vis-à-vis desquels les aéroports doivent prendre des mesures (ACI, 2009) :

- Scope 1 : Sources dont l'aéroport est propriétaire ou qu'il contrôle. Centrales électriques (production de chauffage, d'air climatisé et d'électricité), parc de véhicules (transport de passagers, véhicules de servitude, machines utilisées côté piste et côté ville), entretien de l'aéroport (nettoyage, réparations, espaces verts...), matériel de manutention et d'entretien des aéronefs au sol, énergie de secours, entraînement à la lutte contre l'incendie, déchets traités sur place.
- Scope 2 : Production d'électricité hors aéroport achetée par l'exploitant d'aéroport.
- Scope 3 : Autres activités et sources liées à l'aéroport

Entre juillet 2016 et juillet 2017, les aéroports ayant reporté leurs émissions auprès de la plateforme Airport Carbon Accreditation auraient diminué leurs émissions de CO₂ de 202,8 MtCO₂, ce qui est un résultat plus faible que sur les années précédentes (206 MtCO₂ en 2015-2016 et 212,4 MtCO₂ en 2014-2015).

Le programme d'accréditation carbone des aéroports de l'ACI

Le programme d'accréditation carbone dans les aéroports porté par le Conseil International des Aéroports est administré de manière indépendante, approuvé par les institutions et bénéficie du soutien de l'ONU Changements climatiques, de l'ONU Environnement, de l'Organisation de l'aviation civile internationale, de la Federal Aviation Administration américaine et de la Commission européenne. A ce jour, les engagements des aéroports étant volontaires, 39 aéroports d'Amérique du Nord, 17 d'Amérique du Sud, 136 d'Europe, 47 de la région Asie-Pacifique et 10 d'Afrique portent cette certification.

L'ACI délivre quatre niveaux d'accréditation couvrant toutes les étapes de la gestion du carbone :

- Niveau 1, Inventaire : un inventaire des sources et des quantités annuelles d'émissions de CO₂ sur lesquelles l'exploitant d'aéroport exerce un contrôle direct (sources des scopes 1 et 2), avec la possibilité d'inclure certaines sources du scope 3 et d'autres gaz à effet de serre que le CO₂. Une liste des autres sources d'émissions

(scope 3) est également requise.

- Niveau 2, Réduction : comme pour l'inventaire du niveau 1, un plan de gestion des émissions de carbone produites par les sources des scopes 1 et 2 doit être élaboré et mis en œuvre ; des éléments de preuve à l'appui des mesures, des déclarations et des réductions d'émissions en cours doivent également être fournis.

- Niveau 3, Optimisation : l'inventaire doit être élargi à certaines sources du scope 3, en prenant (au moins) en compte le cycle LTO des aéronefs, les GAP, l'accès de surface et les voyages d'affaires. Le plan de gestion des émissions de carbone doit être étendu à la participation d'autres intervenants et les réductions d'émissions en cours doivent être démontrées.

- Niveau 3+, Neutralité : comme pour les exigences à respecter pour le niveau 3, l'exploitant d'aéroport doit démontrer qu'il a compensé ses émissions résiduelles issues des scopes 1 et 2 et qu'il a donc atteint la « neutralité carbone ». Seule la gestion des émissions de CO₂ est obligatoire dans le programme de l'ACA. L'inclusion d'émissions d'autres GES est facultative.

ENCADRÉ 8

De nombreuses initiatives émanant des plateformes aéroportuaires sont donc à souligner en vue de la réduction de leurs émissions. **En octobre 2018, l'aéroport international le plus fréquenté de la Côte d'Ivoire, l'aéroport Félix Houphouët-Boigny desservant Abidjan, a renouvelé son accréditation Airport Carbon au plus haut niveau (3+ Neutrality). À ce jour, cet aéroport est le seul, sur le continent africain, à avoir atteint ce niveau de maturité en matière de gestion du carbone.** En septembre 2018, le partenariat entre l'aéroport de Brisbane, sous la direction de Brisbane Airport Corporation (BAC), la compagnie aérienne Virgin Australia et le premier fournisseur australien de carburants de transport Caltex, a abouti à une série d'essais concluant quant à l'utilisation de biocarburant pour des vols de la compagnie. Pour les parties prenantes, et le gouvernement du Queensland, la réussite des essais est une première étape importante pour garantir que les aéroports australiens et la chaîne d'approvisionnement en carburant seront prêts à fournir régulièrement des biocarburants tout en développant une véritable filière locale. L'optimisation des trajectoires en vol et le roulage sur le tarmac à l'atterrissage et au décollage font également partie des solutions pour réduire la consommation de carburant sur les plateformes aéroportuaires. Air France - KLM par exemple incite ses pilotes à avoir des conduites éco-responsables en optimisant l'emport de carburant ou en coupant un des deux moteurs lors des roulages.

Au sol, le transporteur s'est également équipé de véhicules de pistes électriques (50% du parc). Objectif pour le groupe franco-néerlandais : améliorer son efficacité énergétique de 20% d'ici 2020 versus 2011.

CONCLUSION

La croissance, extrêmement importante, du transport aérien telle qu'envisagée pour les prochaines décennies (augmentation du tourisme de masse, notamment) place l'ensemble des acteurs impliqués (constructeurs, compagnies, plateformes aéroportuaires) face à un défi majeur de contrôle des émissions carbone. Faisant figure d'exception par rapport aux accords entre États sous l'égide de la Convention climat, dans le transport aérien, tout comme dans le maritime, cette régulation a été laissée à la charge des acteurs eux-mêmes par l'intermédiaire d'organismes internationaux (OACI, IATA), même si les gouvernements nationaux continuent évidemment sur veiller à leurs intérêts comme on l'a vu avec l'épisode de l'ETS européen. Ce système de régulation s'appuie aussi sur un refus de limitation de la croissance du secteur, il n'a pas aujourd'hui démontré sa faisabilité, et suscite beaucoup de scepticisme sur les deux outils privilégiés, la compensation et l'appel aux biocarburants.

Pour autant, il faut noter que les acteurs investissent réellement sur des développements technologiques (motorisations et combustibles), sur la base de partenariats industriels, tant lors des périodes de vol qu'au niveau des infrastructures au sol. L'impact de ces nouvelles technologies en matière d'émissions carbone brutes et de durabilité environnementale (notamment sur les biocarburants consommés) sera donc un enjeu essentiel dans les années à venir.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

- ADEME. (2018). Bilan national du programme d'actions des aéroports établi par l'ADEME : application du décret n°2016-565 et de l'article 45 de la loi n°2015-992. (pp. 100 p). Paris : ADEME.
- Airports Council International. (2009). Guide sur la gestion des émissions de gaz à effet de serre liées aux aéroports.
- Akerman, J. (2005). Sustainable air transport : on track to 2050. *Transportation research D*, 10, 111-126.
- Anderson, K. (2012). The inconvenient truth of carbon offsets. *Nature*, 484(7).
- ATAG. (2015). The aviation sector's climate action framework.
- Ayres, R. (1997). Environment market failures : Are there any local market-based corrective mechanisms for global problems? *Mitigation and adaptation strategies for global change*(1), 289-309.
- Barbosa Cortez, L. (2014). Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil. A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil : BOEING/EMBRAER/UNICAMP and FAPESP.
- Biofuelwatch. (2017). Aviation biofuels : How ICAO and industry plans for 'sustainable alternative aviation fuels' could lead to planes flying on palm oil.
- Bofinger, H., & Strand, J. (2013). Calculating the Carbon Footprint from Different Classes of Air Travel
- Policy Research Working Paper : World Bank.
- Bows-Larkin, A. (2015). All adrift : aviation, shipping, and climate change policy. *Climate Policy*, 15(6), 681-702. doi : 10.1080/14693062.2014.965125
- Carbon Market Watch. (2017). Addressing aviation emissions under the EU Emissions Trading System.
- Centro de gestao estudos estrategicos. (2017). Second generation sugarcane bio energy and bio chemicals. Brasilia.
- Chiamonti, D., Prussi, M., Buffi, M., & Tacconi, D. (2014). Sustainable bioerosene : process routes and industrial demonstration. *Applied Energy*(136), 767-774.
- Cremonez, P. A., Feroldi, M., De Oliveira, C. J., Teleken, J. G., H.J., A., & Sampaio, S. C. (2015). Environmental, economic and social impact of aviation biofuel production in Brazil. *New biotechnology*, 32.
- Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale. (2008). "Déplacements touristiques des Français : hyper concentration des comportements les plus émetteurs de gaz à effet de serre. Economie, environnement et développement durable, hors série(11).
- Fawcett, T. (2005). Personal carbon allowances. Background document L for the 40% House report (pp. 5 p). Oxford : Environmental Change Institute
- University of Oxford.
- Fleming, D., & Chamberlin, S. (2011). TEQs. A policy framework for peak oil and climate change (pp. 54). London : House of Commons.
- Gössling, S., Broderick, J., Upham, P., Ceron, J.-P., Dubois, G., Peeters, P., & Strassdas, W. (2007). Voluntary carbon offsetting schemes for aviation : efficiency and credibility . *Journal of Sustainable tourism*, 15(3), 223-248.
- Gössling, S., Ceron, J.-P., Dubois, G., & Hall, C. M. (2009). Hypermobile travellers. In P. U. e. S Gössling (Ed.), *Climate change and aviation. Issues, Challenges and solutions* (pp. pp.131-151). London : Earthscan.
- Hari, T. K., Yaakob, Z., & N.N., B. (2015). Aviation biofuel from renewable resources; : routes opportunities and challenges *Renewable and sustainable energy reviews*(42), 1234-1244.
- HLPE. (2013). Biofuels and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome
- IATA. (2015). IATA 2015 Report on Alternative Fuels. Effective December 2015. 10th Edition.
- ICAO. (2016). Environmental report.
- ICASA. (2018). A critical guide to key provisions in the draft standards and recommended practices and related guidance material for the international civil aviation organization's carbon offsetting and reduction scheme for international aviation (CORSA)
- International Energy Agency. (2017). CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights. Paris : IEA.
- Kärcher, B. (2018). Formation and radiative forcing of contrail cirrus. *Nature climate change*, 9.
- Lee, D., Fahey, D., Forster, M., Newton, P., Wit, R., Lim, L., ... Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric Environment*(april).
- Lenzen M., Sun Y., Faturay F., Ting Y., Geschke A., Malik A. (2018). The carbon footprint of global tourism. *Nature Climate Change*, 8, pp. 522-528
- Lyle, C. (2018). Beyond the icao's corsia : Towards a More Climatically Effective Strategy for Mitigation of Civil-Aviation Emissions. *Climate Law*(8), 104-127.
- Mathioudakis, V., Gerbens-Leenes, G. W., Van der Meer, T. H., & Hoekstra, A. Y. (2017). The water footprint of second-generation bioenergy : A comparison of biomass feedstocks and conversion techniques. *Journal of Cleaner Production* (148), 571-582.
- Peeters, P. (2017). Tourism's impact on climate change and its mitigation challenges : How can tourism become 'climatically sustainable'? Breda : NHTV.
- Peeters, P., Higham, J., Kutzner, D., Cohen, S., & Gössling, S. (2016). Are technology myths stalling aviation climate policy? *Transportation Research Part D*(44).
- Peeters, P., Middel, J., & Hoolhorst, A. (2005). Fuel efficiency of commercial aircraft. An overview of historical and future trends (pp. 37p) : National Aerospace laboratory NLR.
- Penner, J. E., Lister D.H., Griggs D.J, Dokken D.J, & M., M. (Eds.). (1999). *Aviation and the Global Atmosphere*.
- A Special Report of IPCC Working Groups I and III in collaboration with the Scientific Assessment Panel to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone : Cambridge University Press.
- Rathore, D., Nizami, A. S., Singh, A., & Pant, D. (2016). Key issues in estimating energy and greenhouse gas savings of biofuels : challenges and perspectives. . *Biofuel Research Journal* 10.
- Starkey, R., & Anderson, K. (2005). Domestic tradable quotas : a policy for reducing greenhouse gas emissions from energy use (pp. 49). Norwich, UK : Tyndall Centre.
- Su, Y., Zhang, P., & Su, Y. (2015). An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(50), 991-1003.
- Tol, R. S. J. (2007). The impact of a carbon tax on international tourism. *Transportation research part D*(12), 129142.
- US Department of Energy. (2017). *Alternative Aviation Fuels : Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*.
- Valiergue A. (2018). Vendre de l'air : Sociologie du marché « volontaire » des services de compensation carbone, Thèse de doctorat en sociologie