

Le transport aérien et la problématique du CO₂ : enjeux des mécanismes ETS et des biojets

Le transport aérien ne représente aujourd'hui que 2 % (~ 600 Mt/an) des émissions mondiales de CO₂ d'origine humaine. Malgré ce faible taux, ce secteur fait l'objet de la part des pouvoirs publics, notamment européens, d'initiatives visant à établir une croissance neutre en carbone, dès 2020, avec l'objectif d'une réduction des émissions de moitié en 2050. Au-delà des innovations techniques sur les avions et sur le mode d'organisation du trafic, l'introduction des mécanismes ETS (*Emission Trading System*) et le développement de biojets sont les options les plus couramment évoquées pour y parvenir.

Aujourd'hui, le secteur de l'aviation civile, au même titre que l'ensemble des modes de transport, doit répondre aux enjeux liés au changement climatique. Il lui faut donc réduire sur l'ensemble de la chaîne — production de carburants et avions — ses émissions de gaz à effet de serre.

Deux approches sont explicitement avancées pour tendre vers cet objectif :

- la Commission européenne a proposé d'inclure ce secteur dans le cadre du mécanisme ETS, qui est en œuvre depuis 2005 pour les secteurs de l'industrie et de la production d'énergie, et qui se traduit par une valeur économique de la tonne de CO₂. Cette approche, liée au système des enchères, fait l'objet de nombreuses discussions entre tous les acteurs concernés (gouvernements et compagnies aériennes) ;
- une autre option est le développement de carburants alternatifs au jet fuel, issu du raffinage du pétrole brut et qui constitue aujourd'hui 100 % du carburant utilisé par l'aviation civile. Les contraintes techniques sur ce carburant impliquent que les solutions envisagées dans les autres modes de transport ne puissent être directement transposées (ex. : éthanol, biodiesel, GNV, etc.) et, donc, que de nouveaux procédés de production doivent être développés. Mais, dans tous les cas, il sera nécessaire de vérifier via l'analyse de cycle de vie (ACV), la performance en termes de réduction des émissions

de GES des différentes filières possibles. Cette exigence est déjà en application avec la directive européenne sur les énergies renouvelables, qui définit les modalités techniques et réglementaires pour les biocarburants utilisés dans les transports routiers. Toutes les discussions qui ont lieu aujourd'hui sur ces biocarburants, comme la question du changement d'affectation des sols (CAS), s'appliqueront au biojet.

Ce sont ces deux voies qui vont être approfondies dans cette note, dans un contexte principalement européen.

Rappel des enjeux

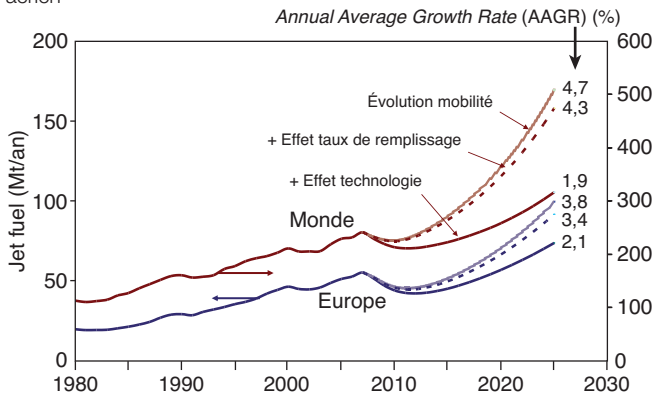
Le secteur du transport aérien bénéficie, aujourd'hui, d'une dynamique de croissance forte avec une hausse du trafic passagers de près de 51 % entre 1995 et 2009 dans l'Union européenne (source : *EU Transport in figures*, 2011), à comparer au secteur du transport routier (+ 15 %) ou au rail (+ 15 %). Il n'en reste pas moins que la part du mode aérien reste restreinte à environ 8 % de l'ensemble du trafic passagers à l'intérieur de l'Union européenne.

La plupart des études, notamment publiées par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), tablent sur une poursuite de cette tendance, poussée par la croissance économique des pays émergents, avec au minimum un doublement du trafic aérien mondial à l'horizon 2025.

Le transport aérien et la problématique du CO₂ : enjeux des mécanismes ETS et des biojets

Les conséquences en matière de consommation d'énergie sont illustrées par le travail réalisé dans le cadre de la publication *Forecasting world and regional aviation jet fuel demands to the mid-term (2025) (Energy Policy 39/2011)*, qui aboutit à une croissance potentielle de près de 2 % par an, en incluant une efficacité accrue du transport aérien de près de 60 % dans la même période (fig. 1).

Fig. 1 – Évolution de la demande mondiale de jet fuel dans le transport aérien



Source : Étude européenne Alfa-Bird (7^e PCRD)

Compte tenu du facteur d'émission associé au jet fuel (3,15 t de CO₂ émises par tonne de jet fuel brûlée), l'impact en matière d'émissions de CO₂ du transport aérien est immédiat.

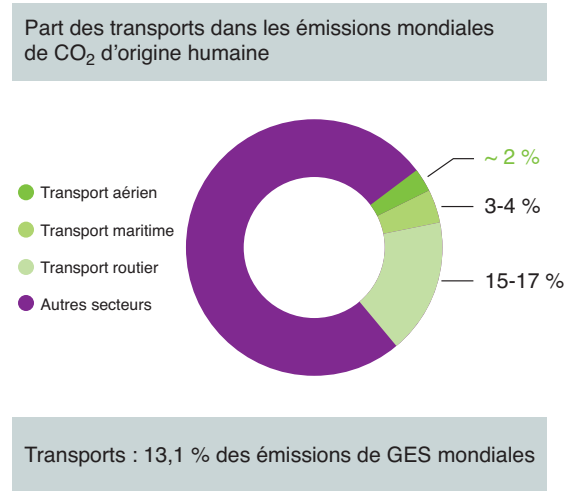
En effet, si la part du transport aérien dans les émissions totales de CO₂ d'origine humaine (fig. 2) reste faible, c'est bien leur augmentation, beaucoup plus forte que dans les autres secteurs du transport (fig. 3), qui est considérée comme problématique.

Le développement du trafic aérien s'est toutefois accompagné d'une amélioration continue de l'efficacité énergétique des modules exploités. Au niveau mondial, les émissions du transport aérien ont augmenté de 30 % entre 1990 et 2004, alors que le trafic progressait de 94 %. L'efficacité énergétique du transport aérien s'est ainsi améliorée de 33 % en 14 ans.

Les principales projections faites, aussi bien par l'OACI que par l'IATA (*International Air Transport Association*), prévoient donc un doublement des émissions de CO₂ à l'horizon 2030, si des actions correctives fortes ne sont pas mises en place. Au-delà des mesures d'ordre technologique sur les avions, d'ordre opérationnel ou sur les infrastructures, il apparaît nécessaire de développer des mesures économiques et de favoriser les développements de biojet, à l'image des biocarburants terrestres, pour atteindre les objectifs de réduction de 50 % des émissions

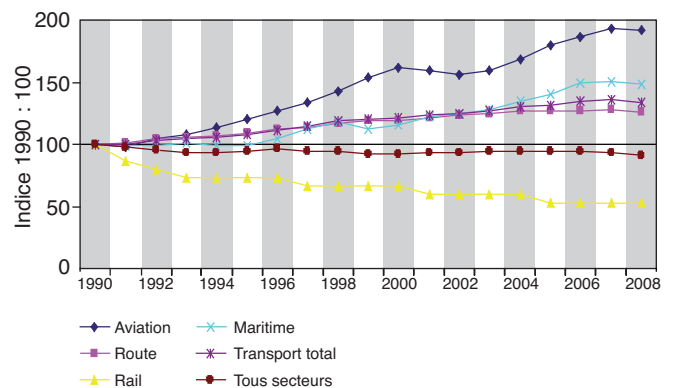
de CO₂ entre 2005 et 2050, qui sont annoncés par la plupart des instances professionnelles de l'aviation (OACI, IATA, etc.) et la Commission européenne (fig. 4).

Fig. 2 – Émissions de CO₂ du transport aérien



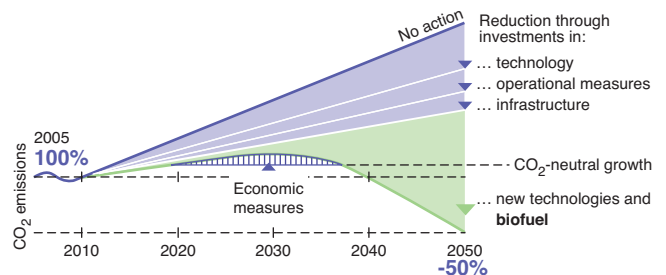
Source : JPC 4th assessment report (2007)

Fig. 3 – Croissance des émissions de GES dans l'UE 27



Source : EU Transport, 2011

Fig. 4 – Émissions mondiales de CO₂



Source : IATA annual report, 2010, ATAG presentation

Le transport aérien et la problématique du CO₂ : enjeux des mécanismes ETS et des biojets

Aviation et mécanisme ETS

Dans le cadre du protocole de Kyoto, il est demandé aux pays industrialisés de chercher, au sein de l'OACI, à limiter ou à réduire leurs émissions internationales. L'assemblée de l'OACI a reconnu, en 2004, que les systèmes régionaux d'échanges de quotas d'émissions de CO₂ constituaient un moyen efficace de les réduire. Toutefois, si l'assemblée de septembre 2007 a confirmé la possibilité d'instaurer des systèmes régionaux d'échanges de quotas, elle a refusé le principe de la participation des exploitants des pays tiers sans accord mutuel.

En 2010, le conseil de l'OACI a approuvé trois rapports concernant le regroupement des systèmes ouverts d'échanges de droits d'émissions faisant intervenir l'aviation internationale, la compensation des émissions provenant du secteur aéronautique et l'échange volontaire de droits d'émissions pour l'aviation. L'OACI s'est exprimée en faveur du développement d'un cadre pour la mise en place de mesures de marché sur l'aviation internationale. Pour sa part, l'Union européenne est favorable à un marché mondial d'échanges de droits d'émissions d'ici 10 à 15 ans.

La Commission européenne a anticipé cette évolution en décidant en 2008 (directive 2008/101/EC modifiant la directive 2003/87/CE afin d'intégrer les activités aériennes dans le système communautaire d'échanges de quotas d'émissions de GES) d'inclure le secteur de l'aviation au mécanisme ETS européen défini par la directive 2003/87 EC (*Establishing a Scheme for Greenhouse Gas Emission Allowance Trading within the Community*).

Cette directive prévoit, pour tous les vols relevant des activités aériennes visées à l'annexe 1 (c'est-à-dire au départ d'un aéroport situé sur le territoire d'un État membre ou à l'arrivée dans un tel aéroport en provenance d'un pays tiers), d'allouer aux exploitants (compagnies aériennes) des quotas d'émissions de CO₂ équivalant à 97 % des émissions historiques (2004-2006, soit 220 Mt environ) du secteur pour 2012, et 95 % à partir de 2013 (15 % de ces quotas seraient mis aux enchères).

Sur l'ensemble des vols identifiés par la Commission européenne (environ 5 400) relevant de ce nouveau mécanisme, environ 26 % sont opérés par des compagnies aériennes européennes qui sont pour moitié anglaises, allemandes et françaises, et 74 % par des compagnies internationales qui sont pour moitié américaines. Mais les

allocations de quotas (210 Mt en 2013) iraient pour près de 61 % aux compagnies européennes (effet trafics nationaux et intra-européen en nombre de vols effectués) et seulement 39 % à des opérateurs extra-européens dont la moitié concernerait les États-Unis, la Chine et les Émirats arabes unis.

L'application, pour 2012 et 2013, de cette directive a fait l'objet d'une forte opposition des compagnies aériennes, dans un climat très morose de cette activité, mais surtout d'un refus fortement exprimé par les gouvernements des pays hors Union européenne de faire participer leurs compagnies aériennes à ce processus, ces gouvernements demandant le renvoi du lancement d'un tel mécanisme à un accord au niveau de l'OACI.

À la fin de l'année 2012, la Commission européenne a proposé de suspendre temporairement et partiellement l'application de la directive (sanction et reporting pour les vols vers ou en provenance d'aéroports hors Union européenne) au vu des avancées obtenues au conseil de l'OACI du 9 novembre 2012 vers l'adoption d'un cadre international à des mesures du type ETS. L'année 2013 sera donc cruciale dans l'évolution de l'application du système ETS à l'aviation civile.

Il est toutefois intéressant d'avoir une idée assez précise des conséquences économiques que pourrait avoir la réglementation européenne. Plusieurs rapports et projets ont travaillé sur cet aspect dont le projet européen Swafea (*Sustainable Way for Alternative Fuels and Energy for Aviation*), qui s'est terminé en 2011, ou le *Climate Report* n° 34 de CDC Climat (*Including International Aviation in the EU ETS: a first step towards a global scheme*).

Si l'on se base sur ce dernier rapport, sur la période 2012-2020, les allocations totales représenteraient environ 1 900 Mt dont 285 Mt feraient l'objet d'enchères dans le cas où le plafond de 2013 serait prolongé, alors que les prévisions d'évolution des émissions monteraient à près de 2 280 Mt, ce qui conduirait à un déficit d'allocations de près de 380 Mt cumulées, avec une aggravation tout au long de la période.

Aviation et biocarburants

Une autre option pour réduire le bilan GES du secteur du transport aérien est l'utilisation de biojet. Cette démarche est tout à fait comparable au développement des biocarburants dans le transport routier, avec potentiellement les mêmes avantages (émissions biogéniques de CO₂

Le transport aérien et la problématique du CO₂ : enjeux des mécanismes ETS et des biojets

comptabilisées à zéro) et les mêmes inconvénients (surcoût de production, production potentielle "limitée" et bilan GES, au sens de l'ACV, sujet à discussion selon les filières — effet CAS/LUC. La seule spécificité est sur les contraintes très fortes de qualité qui pèsent sur le biojet et qui vont exclure ou rendre très difficile l'utilisation de biocarburants, comme l'éthanol ou les esters d'huiles végétales, communément utilisés dans les moteurs à allumage commandé et diesel. Dans ces conditions, les filières le plus souvent envisagées pour fournir du biojet, et dont la certification a été obtenue ou est en cours d'étude au sein de l'*American Society for Testing and Materials* (ASTM), sont les suivantes :

- huiles végétales hydrotraitées (colza, soja, palme, usées, etc.); cette filière (HEFA pour *Hydrotreated Esters and Fatty Acids*) est certifiée en mélange à 50 % par l'ASTM depuis 2011;
- jet ex-Fischer-Tropsch (FT) à partir de biomasse lignocellulosique (BtL), filière déjà homologuée (en mélange à 50 % par l'ASTM) dans le cadre de la certification globale des jets issus des filières FT, quelle que soit l'origine de la charge (gaz naturel, charbon, etc.), obtenue en 2009;
- autres procédés tels que la pyrolyse de déchets/résidus ou les filières plus biotechnologiques à partir de sucre (en phase de R&D).

Ces filières ne sont généralement pas dédiées, c'est-à-dire qu'elles peuvent produire des carburants pour d'autres usages (terrestres notamment) ou des molécules spécifiques à forte valeur ajoutée : cette situation est à la fois un avantage dans la mesure où elle introduit une synergie dans les futurs développements industriels mais aussi une contrainte du fait d'une ressource éventuellement limitée : l'AIE (WEO 2012) estime, dans son scénario 450 ppm, qu'en 2035, plus de 13 % de l'énergie mondiale utilisée dans les transports devrait avoir pour origine la biomasse (la proportion dans le secteur aérien serait du même ordre de grandeur).

L'initiative de la Commission européenne et de plusieurs industriels lancée en 2011, *The European Advanced Biofuels Flightpath*, a ainsi pour objectif de mettre à disposition, dès 2020, près de 2 Mt de biojet durable. Les projets Swafea (établissement d'une *roadmap*) et Alfa-Bird, dans lesquels IFP Energies nouvelles est un partenaire important, étudient aussi ce que pourrait être le potentiel, tant en quantité qu'en qualité (bilan GES des filières tracées), de remplacement du jet ex-énergie fossile par du jet alternatif dont ceux issus de la biomasse.

L'OACI, de son côté, a créé, en juin 2012, le *Sustainable Alternative Fuels (SUSTAF) expert group*, qui a pour objectif d'identifier les challenges à surmonter pour permettre le déploiement de carburants alternatifs durables pour l'aviation. Ce groupe devrait prochainement faire des propositions en matière de politiques publiques au CAEP (*Committee on Aviation Environmental Protection*) de l'OACI : soutiens financiers, processus transparent d'évaluation des gains GES obtenus (exemple : les critères et méthodes issus du *Global Bioenergy Partnership* (GBEP) peuvent être une piste) et soutien au développement de nouvelles filières de carburants "durables".

Aujourd'hui, c'est la directive 2009/28/EC "Of the European Parliament and of the Council of 23/04/2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources" qui régit les critères de durabilité des biocarburants utilisés dans le secteur des transports terrestres, et les objectifs d'incorporation (10 % d'énergies renouvelables dans l'énergie consommée dans les transports terrestres).

Plusieurs questions se posent maintenant pour l'ensemble des acteurs de l'aviation civile, et plus généralement pour l'ensemble des utilisateurs et producteurs de biomasse à des fins énergétiques :

- une évaluation précise de la biomasse disponible pour l'ensemble des usages énergétiques : transport terrestre, transport aérien, transport maritime, chaleur, électricité, matériau, chimie, etc., compte tenu des scénarios de productivité des sols et des plantes et de la demande alimentaire mondiale ;
- une vision des évolutions possibles de la compétitivité économique des différentes filières par rapport au jet d'origine pétrolière ;
- une évaluation des gains réels en matière de GES qui pourraient être obtenus finalement. Dans ce cadre, une approche plus systémique faisant appel au concept de l'ACV conséquentielle serait un plus et un complément par rapport aux approches plus classiques ou attributionnelles par filière. Les récentes propositions de la Commission européenne de modifications de la *Renewable Energy Directive* (RED) (limitation de la G1 à 5 %, valeur de référence pour le CAS indirect, etc.) montrent bien la difficulté pour aboutir à un vrai consensus dans ce domaine.

Face aux défis climatiques mondiaux, le secteur du transport aérien, du fait de sa dynamique forte et de sa dépendance quasi-absolue aux carburants liquides (aujourd'hui issus à 100 % du pétrole) va devoir mettre en œuvre des solutions innovantes et efficaces pour

Le transport aérien et la problématique du CO₂ : enjeux des mécanismes ETS et des biojets

diminuer son bilan GES : les mécanismes économiques comme l'ETS et le développement de carburants alternatifs durables, le plus souvent issus de la biomasse, apparaissent comme des pistes sérieuses en complément aux améliorations technologiques des avions et à l'amélioration de l'organisation opérationnelle des vols.

Mais les difficultés et les freins demeurent nombreux même si les acteurs industriels et les gouvernements donnent des gages d'engagement manifestes.

*Jean-François Gruson – jean-francois.gruson@ifpen.fr
Manuscrit remis en janvier 2013*