

# AVIATION : CIRRUS ANTHROPOGÉNIQUES OU COMMENT RENDRE LA MONNAIE DE LA PIÈCE ?

Environ 10 000 avions parcourent le ciel chaque jour d'une année sans COVID. Ramené au passager.kilomètre, l'avion est le mode de transport qui émet le plus de gaz à effet de serre. Et selon l'ADEME, la formation des traînées de condensation dans le ciel double encore l'impact climatique de la seule combustion du kérosène.

En ne comptant que le CO<sub>2</sub>, l'aviation génère 3,5 % des émissions de ce gaz dans le monde. C'est énorme quand on sait que 80 % de la population mondiale n'a jamais pris l'avion.

En France, le secteur aérien a bénéficié d'une aide de 15 milliards d'euros en 2020 dans le cadre du plan de relance. Cette aide n'est assortie d'aucune contrepartie.

Il y aurait pourtant un moyen de faire baisser drastiquement les émissions du secteur aérien en évitant le survol des zones où les traînées de condensation se transforment en nuages de longue durée. Ça aurait pu être la contrepartie des aides publiques....

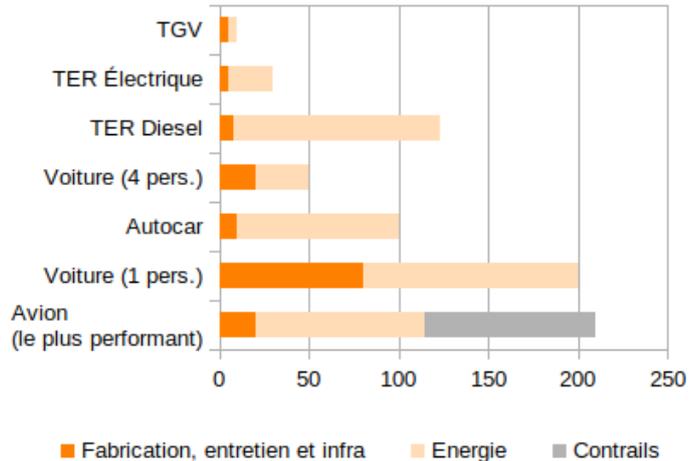
# 1. LE DOUBLE IMPACT DE L'AVIATION

## L'effet de serre par passager transporté

L'avion est un des modes de transport, dont l'impact en termes de gaz à effet de serre est le plus élevé, **supérieur à 200 gCO<sub>2</sub>e par passager pour parcourir un kilomètre** (exprimé en gCO<sub>2</sub>e/pass.km, effets des traînées inclus).

Selon le type d'avion, les facteurs d'émission varient. Un moyen ou long courrier de plus 300 places, dont le taux de remplissage est maximisé, affiche 210 gCO<sub>2</sub>e/pass.km, alors qu'un court courrier de moins de 50 places dépasse 500 gCO<sub>2</sub>e/pass.km, sans parler d'un jet privé avec seulement quelques personnes à bord.

Impact carbone des modes de transport (en gCO<sub>2</sub>e/pass.km)



Sources : Base carbone, Objectif Carbone

En regardant dans le détail, on s'aperçoit qu'environ **la moitié du facteur d'émission est due aux traînées de condensation (ou contrails)**.<sup>1</sup> Le « cirrus homogenitus »<sup>2</sup> est un nuage qui peut se former à l'arrière d'un avion, par la condensation de la vapeur d'eau émise par les moteurs à très haute altitude, lorsqu'il traverse une atmosphère sursaturée en cristaux de glace. **L'impact de ces traînées sur le réchauffement climatique est très difficile à estimer, mais il est retenu qu'il double les émissions liées à la consommation de carburant** <sup>3</sup>.

La formation des traînées de condensation peut en réalité avoir trois différentes origines :

- les ailes : traînées de détente ;
- les moteurs à réaction : traînées d'échappement ;
- les moteurs à hélice : traînées d'échappement et/ou de détente.

Les traînées de condensation produites par les réacteurs sont beaucoup plus durables et communes que celles produites par le vortex du bout des ailes, ou par les moteurs à hélice car elles sont induites par une addition significative d'humidité dans une atmosphère très froide en haute altitude.

<sup>1</sup> Les traînées de condensation sont couramment appelées « contrails » de l'anglais « condensation trails ».

<sup>2</sup> L'Atlas International des nuages a nommé spécifiquement en 2017 ces nuages persistants issus des traînées de condensations. Le « cirrus homogenitus » appartient à la catégorie des nuages d'origine anthropique (ou anthropogénique) dont la formation et/ou la persistance sont artificiellement induites par les activités humaines.

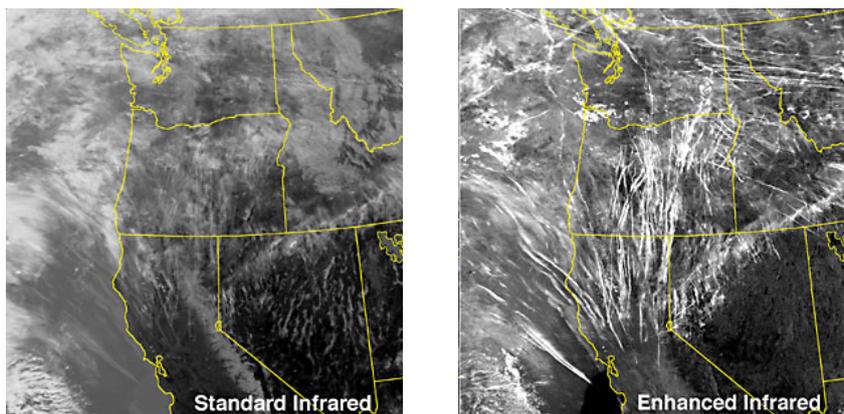
<sup>3</sup> L'ADEME retient, dans le guide des facteurs d'émission, l'hypothèse d'un doublement de l'impact carbone du pass.km de l'avion en raison des traînées de condensation.

## Les traînées de condensation, qu'est ce que c'est ?

En vol, l'air chaud et humide, qui sort du réacteur, se mélange avec l'air plus froid et plus sec de l'atmosphère. **Sous certaines conditions de température et d'humidité, ce mélange conduit à la condensation de la vapeur d'eau en gouttelettes d'eau liquide qui gèlent quasi-instantanément pour former un nuage de petits cristaux de glace.** Si la haute atmosphère, entre 8 000 et 10 000 mètres, est :

- **très sèche** : il n'y a pas de formation de traînée. C'est pourquoi certains jours, alors que des avions volent, aucune traînée n'est visible ;
- **humide** : la traînée va disparaître rapidement en quelques secondes ou quelques minutes ;
- **très humide** : la traînée va se développer. Elle peut persister des heures et surtout se transformer rapidement en un très large voile nuageux. Ces nuages « artificiels » sont initialement formés de cristaux de glace mais deviennent indifférenciables de nuages naturels de type cirrus. **Ces cirrus artificiels persistants peuvent même s'installer pendant des jours ou des semaines.**

### Images satellite de NASA



L'image satellite de droite montre que la couverture nuageuse qui semble d'origine naturelle (à gauche) s'est en réalité formée à partir de traînées de condensation<sup>4</sup>.

## L'impact de ces traînées sur le réchauffement climatique

Puisque ces nuages artificiels ne se forment que dans des conditions atmosphériques particulières, **seulement quelques centaines de vols génèrent l'essentiel des traînées persistantes et cirrus.** D'après des chercheurs de l'Imperial College de Londres, **environ 2 % des vols génèrent 80 % des cirrus artificiels**<sup>5</sup>.

Ces traînées augmentent l'albédo de l'atmosphère, c'est-à-dire son pouvoir réfléchissant. Elles réfléchissent les rayons du soleil le jour, ce qui a un effet refroidissant. Mais surtout elles réchauffent la planète de jour comme de nuit en retenant le rayonnement infra-rouge émis depuis le sol. **Au final, l'effet « réchauffant » est largement supérieur à l'effet « refroidissant ».**

<sup>4</sup> Source : NASA, images de mars 2004 : <https://www.nasa.gov/centers/langley/news/releases/2004/04-140.html>

<sup>5</sup> Etude Mitigating the Climate Forcing of Aircraft Contrails by Small-Scale Diversions and Technology Adoption (2020) : <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b05608>

L'effet inverse, les traînées de dissipation, ne compense pas

Une traînée de dissipation est l'effet inverse d'une traînée de condensation. Elle se produit quand un avion passe à travers un nuage mince. La température élevée des gaz d'échappement réchauffe l'air ambiant et réduit ainsi l'humidité relative à moins de 100 %. Autrement dit dans ce cas de figure, le passage de l'avion dissipe un nuage, mais sur une surface le plus souvent très limitée.

## 2. LES AIDES DU PLAN DE RELANCE

Le secteur aérien a bénéficié d'un très large soutien dans le cadre du plan de relance. Pour la filière aéronautique, **ce plan prévoit plus de 15 milliards d'euros d'aides publiques, d'investissements et de prêts et garanties** <sup>6</sup>. La filière représente environ 431 000 emplois directs et indirects en France <sup>7</sup>. **Le montant de l'aide à la filière est de 35 000 € par emploi.**

Le secteur de l'aviation française génère plus de 23 MtCO<sub>2</sub> par an, pour les vols nationaux et internationaux <sup>8</sup>. Le montant **des aides correspond à une subvention de près de 700 €/tCO<sub>2</sub>** rajoutée dans l'atmosphère par le secteur de l'aviation. A titre de comparaison, le montant de la taxe carbone en 2020 est d'environ 45 €/tCO<sub>2</sub> <sup>9</sup> émise, reflétant le principe du « Pollueur – Payeur ».

## 3. QUELLES SOLUTIONS POUR DÉCARBONER L'AVIATION ?

La technologique n'engendrera pas une baisse significative

Les perspectives de réduire des émissions de GES du trafic aérien sont de plusieurs ordres :

- **La réduction du trafic serait la mesure la plus efficace**, mais aucun pays n'a affirmé de volonté politique forte ; à défaut de choisir, c'est en subissant le COVID 19 que nous aurons vécu la plus drastique réduction de trafic de l'histoire de l'aviation ;
- Le remplacement du kérosène par un carburant moins carboné, notamment le **biocarburant**. **Cette mesure coûteuse pourrait contribuer à la déforestation et à conflit d'utilisation des sols** (entre transport et alimentation). De plus, elle n'aurait d'impact que sur la partie « carburant » et non sur les traînées de condensation ;
- La généralisation de nouvelles motorisations électriques : **les solutions d'avion à batterie ou à hydrogène ne sont pas à ce jour, et pendant plusieurs décennies, crédibles pour les vols commerciaux.**

<sup>6</sup> Source : Ministère de l'économie <https://www.economie.gouv.fr/plan-soutien-aeronautique>.

<sup>7</sup> Emplois directs : opérateurs et services aéroportuaires, compagnies aériennes, aviation civile, contrôleurs aériens.

Emplois indirects : fournisseurs et fabricants. <https://www.economie-et-politique.org/2020/04/02/note-sur-le-secteur-aerien-covid-19-une-deflagration-sans-precedent/>

<sup>8</sup> Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/emissions-gazeuses-liees-au-traffic-aerien>.

<sup>9</sup> La taxe carbone peut être définie comme la composante proportionnelle aux émissions de CO<sub>2</sub> dans la TICPE et les autres taxes sur les énergies fossiles.

- La compensation apparaît avant tout comme un argument commercial fallacieux, qui permettrait pour une poignée de centimes de planter un arbre qui éventuellement capterait du carbone tout au cours de son existence afin de compenser des émissions générées aujourd'hui. **La compensation telle qu'offerte aujourd'hui par les compagnies aériennes ne répond en rien aux enjeux climatiques.** Pire, elle a même pour effet pernicieux de donner une bonne conscience aux consommateurs qui culpabiliseraient.

Finalement, l'industrie aéronautique cherche avant tout à produire des moteurs traditionnels moins émissifs et à s'appuyer sur de nouveaux matériaux et composants, afin de réduire le poids des appareils. **Malgré ces mesures bien réelles, les émissions du transport aérien mondial ont bien doublé en volume entre 1990 et 2019.** Les améliorations technologiques n'auront qu'un très faible impact sur la réduction de l'impact de l'aviation sur le changement climatique.

### Plans de vol : agir avant la formation des cirrus

L'absence de volonté politique pour remettre en question le transport aérien ainsi que les faibles perspectives de gains technologiques justifient une intervention sur les traînées de condensation. Ces contrails, qui doublent l'impact de l'aviation, n'apparaissent que dans certaines conditions et concernent moins de 5 % des vols. **Afin d'éviter la formation des cirrus ayant pour origine les contrails, interdire les vols dans les zones à risque et rediriger certains vols en fonction des conditions météorologiques apparaissent donc comme les seuls moyens efficaces pour décarboner immédiatement le secteur de l'aviation.**

Cette mesure aurait évidemment une incidence sur le temps de parcours et la consommation de carburant de certains vols. **Les surcoûts énergétiques seront dans tous les cas, largement inférieurs aux gains en matière d'émission de gaz à effet de serre.** D'après un récent rapport de la Commission européenne, « étant donné qu'une série de recherches devraient encore être menées, **la mesure d'évitement des zones sursaturées en glace pourrait être introduite à moyen terme, c'est-à-dire d'ici 5 à 8 ans selon les experts.** »<sup>10</sup>

### Repenser les « besoins » de déplacements aériens

Voler quelque temps à 600 m plus haut ou plus bas n'inscrira pas pour autant l'aviation comme un mode de transport compatible avec l'atteinte des objectifs climatiques fixés par le GIEC. Un vol AR Paris - New York émet environ 2,4 tCO<sub>2</sub>e. **En supprimant les impacts des traînées de condensation et en intégrant les gains technologiques d'efficacité énergétique, le contenu carbone du vol pourrait être de 1 tCO<sub>2</sub>e, soit la moitié de l'objectif du budget individuel de 2 tCO<sub>2</sub>e par an pour se loger, se nourrir, se déplacer et tout le reste !**

Il est donc grand temps de repenser notre rapport aux vacances, au temps, à la distance et de questionner notre « besoin » de mobilité et notre « droit » à prendre l'avion. **Il est néanmoins possible d'intégrer dans un vol long-courrier tous les 5 à 10 ans dans son budget carbone individuel, à condition toutefois d'être exemplaire sur les autres postes d'émissions.**

<sup>10</sup> Source : Rapport de la Commission européenne : Analyse actualisée des incidences sur le climat de l'aviation (novembre 2020) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0747&from=EN>

Cette note a été co-rédigée par Damien, Olivier et Anaïs de l'équipe d'Objectif Carbone, cabinet de conseil en stratégie énergie-climat.

Une réaction, un commentaire, une précision : [info@objectifcarbone.org](mailto:info@objectifcarbone.org)



[www.objectifcarbone.org](http://www.objectifcarbone.org)

