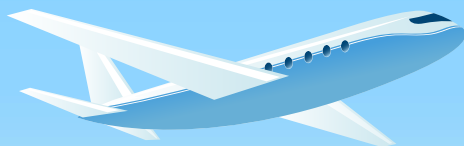


# Filière aéronautique et avion décarboné : enjeux et perspectives 2023-2035



Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales



## Les enjeux du secteur aérien, hier, aujourd'hui et demain.

La filière aéronautique a rendu possible un rêve pour l'humanité resté longtemps inaccessible, celui de voler. L'histoire de l'aviation est faite d'ambition et de progrès, réalisés grâce au savoir-faire et à l'inventivité de ses hommes et femmes, ingénieurs, scientifiques et techniciens.

Tout au long de son histoire, l'industrie aéronautique a toujours relevé les défis auxquels elle a été confrontée pour sa mission essentielle : relier, rapprocher les hommes, connecter les territoires et les cultures, permettre de voler en développant un **transport en commun sûr pour les trajets de moyenne et longue distance**. L'avion présente une combinaison unique entre rapidité et distance parcourue.

Aujourd'hui, déjà très engagée sur les questions environnementales, l'industrie aéronautique française, industrie responsable, souhaite être le contributeur principal à la **construction de l'avion de demain, l'avion décarboné, digital et connecté**.

## L'aviation contribue à construire un monde plus ouvert et plus résilient.

L'aviation commerciale a permis **plus de 4,5 milliards de voyages dans le monde** en 2019, année de référence avant l'apparition de la pandémie mondiale de la Covid. Toujours en 2019, **145 millions de trajets individuels** ont été effectués de la France vers le monde et vice versa. En 2017 ce sont ainsi **3,1 millions de vols qui ont été opérés dans l'espace métropolitain français**. Ceci permet de réunir des familles, des amis, des cultures, de développer des activités commerciales, du tourisme... L'avion permet de voir ses proches. La moitié des voyageurs indiquent voyager « pour rendre visite à des amis et des proches ».

La crise de la Covid a parallèlement démontré le **caractère essentiel du transport aérien**, qui a permis de transporter des milliers de médecins et de patients, des milliards de masques chirurgicaux, de distribuer le vaccin et de rapatrier des milliers de ressortissants bloqués hors de leur pays. L'aviation a su jouer son rôle dans la distribution ou l'intervention en urgence, comme elle le fait au quotidien pour lutter contre les catastrophes climatiques (incendies, inondations...) et porter secours ou assistance.

L'aviation permet aussi de distribuer des biens de tous les jours, puisque l'on estime que ce sont au total **35% de la valeur des biens internationaux commercialisés qui sont transférés par avion**<sup>1</sup>.

L'attachement des Français à l'aviation est profond : 87% des Français pensent que l'avion est « synonyme de voyages et de découvertes ». Ils sont **63% à avoir pris l'avion en 2019**<sup>2</sup>. Les Français aiment voyager et seraient ainsi prêts à payer leur billet 15% plus cher pour voler avec une compagnie aérienne qui utilise des innovations vertes<sup>3</sup>.

## L'avion joue un rôle essentiel pour le désenclavement des territoires.

L'avion rend l'ensemble des **territoires plus accessibles** et permet une mobilité aisée entre les différentes régions.

L'avion fait partie intégrante des solutions de mobilité, **complémentaire** des autres modes de transport et, outre la rapidité et la distance, offre



1 : Source : IATA

2 : Source : Rapport Chaire Pégase Décembre 2020

3 : Source : Rapport Chaire Pégase Mai 2023

une souplesse de trajectoires et d'infrastructures associée à une **empreinte au sol réduite par rapport aux transports de surface** (rails et routes).

Les liaisons aériennes régulières et rapides permettent de **faire vivre économiquement des territoires**. L'avion est souvent le **seul moyen pour se rendre en quelques heures n'importe où sur le territoire français**. L'avion est nécessaire pour permettre, au travers des correspondances, de relier les villes de province, leurs entreprises, salariés et citoyens, au reste du monde.

L'avion est le moyen le plus pertinent de réaliser des **liaisons transversales**, entre métropoles régionales, sans toujours passer par la capitale. La France dispose de 550 aérodromes, avec une réelle diversité des plateformes, pour un renforcement du maillage territorial.

L'avion, enfin, est irremplaçable pour **relier rapidement les départements et territoires d'outremer à la métropole**, ou entre eux.

## La France, nation pionnière de l'aéronautique.

De par son histoire, sa culture et son industrie, la France est indéniablement une **nation-phare du monde de l'aviation** et a pour ambition de continuer à l'être.

La France compte de nombreux pionniers et personnalités éminentes qui ont fait d'elle un berceau de l'aviation : Clément Ader, Henri Farman, Louis Blériot, Jean Mermoz, Antoine de Saint-Exupéry, Marcel Dassault... Aujourd'hui, l'aéronautique est un **atout indispensable à la souveraineté de la France**.

L'industrie aéronautique donne à notre pays la possibilité d'exprimer et d'exercer une **politique internationale, spatiale et de défense indépendante et souveraine**.

Son impact est considérable en matière d'emploi, de leadership technologique et de contribution à la balance commerciale de notre pays.

La France est le berceau de **champions industriels mondiaux** qui conçoivent et réalisent tous les éléments constitutifs de l'avion. Elle possède un tissu dense et performant d'entreprises, tant grands groupes, ETI, PME, que startups et de laboratoires, parmi lesquels : Airbus, Dassault Aviation, Safran, Thales... Ces entreprises sont fédérées par le **GIFAS (Groupeement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales)**.

Le **Paris Air Show, Salon du Bourget**, qui se tient en France depuis plus de 110 ans, contribue à faire de notre pays une grande nation de l'aviation. Il est le plus grand salon dédié à l'industrie aéronautique et spatiale au monde.



## L'aéronautique, secteur stratégique pour l'économie française.

L'industrie aéronautique est un **moteur de la croissance française**.

À l'échelle française, l'aviation civile, construction aéronautique incluse, contribue pour **4,3% du PIB national** (2019).

Regroupant plus de 440 entreprises réparties sur l'ensemble du territoire national, la filière aéronautique et spatiale représente, fin 2022, **195 000 emplois directs très qualifiés** (ingénieurs, techniciens, compagnons), répartis dans une chaîne d'approvisionnement, fédérée par le GIFAS, constituée de PME, d'ETI et de startups autour de grands donneurs d'ordre et d'équipe-mentiers de renommée internationale.

2022 a été une année de forte reprise de l'emploi, après la crise de la Covid.

En 2023, la filière poursuit sa croissance et **prévoit 25 000 embauches**, dont 7 000 jeunes alternants, de tous niveaux. La filière devrait donc cette année retrouver son niveau d'emplois d'avant crise.

Parce qu'elle est **active sur l'ensemble des régions françaises**, la filière aéronautique est un maillon essentiel du tissu industriel local. La filière dispose d'une empreinte territoriale très marquée. Elle a une présence industrielle dans toutes les régions de France métropolitaine. Elle assure un dialogue permanent avec les pouvoirs publics en région.

**Le secteur aéronautique tire vers le haut le commerce extérieur de la France** et se situe toujours en 2022 à la première place des filières exportatrices, avec le **premier solde positif de la balance commerciale**.

## L'aéronautique, symbole de l'excellence et du savoir-faire français.

Plus de **9 Français sur 10** voient en la filière aéronautique une **vitrine du savoir-faire français** à l'international dans le domaine des technologies de pointe.

La France est, en effet, l'un des rares pays occidentaux, avec les Etats-Unis, à pouvoir **assurer la construction d'un avion de ligne de bout en bout**. La moitié des courts et moyens courriers de la flotte mondiale en circulation et les trois-quarts des moteurs de ces appareils, ainsi que presque 50% des longs courriers, sont issus de nos industries.

Safran, Airbus et Thales se classent **parmi les 10 premiers déposants de brevets en France**<sup>4</sup>.

La France, grâce à son héritage historique dans le domaine aéronautique, concentre à elle seule **30% des emplois européens de l'industrie aéronautique et spatiale**<sup>5</sup>.

**L'innovation est au cœur de l'aéronautique française**. L'innovation sera un facteur majeur de décarbonation de l'aviation, grâce à un effort inédit et concerté de la filière, avec l'appui du gouvernement. L'aéronautique est une **vitrine de la souveraineté française**

## Quels sont les engagements environnementaux du secteur aéronautique ?

Le secteur aéronautique est le **premier secteur** à avoir pris des engagements précis et ambitieux en matière d'environnement. Il est également le **premier secteur à s'être donné un objectif de neutralité carbone à l'échelle mondiale**.

Le transport aérien international s'est ainsi **engagé dès 2008**, via ATAG (Air Transport Action Group) à réduire massivement son empreinte carbone. Cet engagement a conduit l'OACI, l'agence de l'ONU pour l'aviation civile, à définir à son tour des objectifs dans ce sens :

- un **gain annuel d'efficacité énergétique de 2 %** (Rapport entre le nombre de tonnes transportées par km et la quantité de kérosène consommé).
- un objectif de **stabilisation des émissions mondiales** de l'aviation à partir de 2019 (croissance « neutre en carbone »). Cet objectif est mis en oeuvre en partie grâce à un dispositif international de réduction et de compensation de carbone pour l'aviation CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme of International Aviation). Cette mesure mondiale a été adoptée jusqu'en 2025, en attendant l'introduction de ruptures technologiques et l'utilisation massive de carburants aéronautiques durables.

L'objectif initial de diviser par 2 les émissions du transport aérien à horizon 2050 par rapport au niveau de 2005 a même été renforcé et accéléré.



En octobre 2022, les Etats membres de l'OACI, avec plus de 180 pays, ont ainsi adhéré à l'**objectif de neutralité carbone en 2050**.

L'Union Européenne s'est également donnée pour objectif la neutralité carbone en 2050, avec pour étape intermédiaire 55% des émissions nettes globales en 2030 par rapport au niveau de 1990.

En France, le secteur du transport aérien a été le premier secteur à remettre officiellement au gouvernement en février 2023 sa **feuille de route de décarbonation au titre de l'Article 301 de la Loi Climat et Résilience**. Son élaboration a été co-pilotée par la DGAC et le GIFAS, en lien avec les services de l'Etat, et a mobilisé l'ensemble de la chaîne de valeur dont les énergéticiens. Le rapport de la filière, rendu public, est disponible<sup>6</sup>. L'objectif poursuivi a été de parvenir à un **consensus de l'ensemble des acteurs économiques du secteur de l'aérien sur la dynamique de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>** à moyen (2030) et long (2050) terme, en mettant en lumière les actions concrètes à mettre en œuvre et en identifiant les conditions de succès et les besoins de soutiens publics.

Ces engagements sont ambitieux et clairs. **L'industrie aéronautique, grâce au soutien de l'Etat, mobilise toutes ses forces pour parvenir à une aviation décarbonée.**

## Quels sont les progrès accomplis par l'aéronautique en termes d'environnement ?

L'industrie aéronautique toute entière est à **l'œuvre depuis plusieurs décennies pour améliorer sans cesse la performance environnementale** du transport aérien.

Le transport aérien est responsable d'**entre 2 et 3% des émissions de CO<sub>2</sub>** émises par l'activité humaine à l'échelle mondiale<sup>7</sup>.

A titre de comparaison, le transport routier mondial représente 17% des émissions, le transport maritime, 3%.

Un avion de la dernière génération au taux de remplissage moyen actuel consomme **2 litres de kérosène aux 100 km par passager** et émet **moins de CO<sub>2</sub> par passager et par kilomètre (60g) qu'une voiture occupée par une ou deux personnes**.

Chaque nouvelle génération d'avion émet **15 à 20% de CO<sub>2</sub> en moins** que la précédente<sup>7</sup>.

Grâce aux efforts entrepris au cours des dernières décennies, **la performance environnementale du transport aérien ne cesse de s'améliorer**. Les émissions de CO<sub>2</sub> par passager ont **baissé de 50%** au cours des 30 dernières années.

Depuis 2009, l'efficacité énergétique s'améliore d'environ 2% chaque année en moyenne, soit une amélioration de plus de 20% entre 2009 et 2019<sup>8</sup>.

Les avions sont à l'origine d'autres émissions en haute altitude, notamment la vapeur d'eau sous différentes formes (trainées blanches), ou les oxydes d'azote dont les contributions à l'effet de serre s'ajoutent à celle du CO<sub>2</sub>. Les scientifiques évaluent à **3,5%<sup>9</sup> la contribution de l'ensemble des émissions de l'aviation** au réchauffement du système climatique<sup>9</sup>.

**80% des émissions du transport aérien proviennent des vols de plus de 1500 km** pour lesquels il n'existe pas d'alternative.

En termes de contrôle et de gestion du trafic aérien, les dernières évolutions technologiques permettent aujourd'hui de gérer de manière plus fluide et efficace le trafic, en route, comme au sol sur le tarmac des aéroports.

6 : [www.gifas.fr/news/publication-de-la-feuille-de-route-article-301-de-decarbonation-de-l-aerien](http://www.gifas.fr/news/publication-de-la-feuille-de-route-article-301-de-decarbonation-de-l-aerien)

7 : Source : Atmospheric Environment 2020, ref : AEA117834

8 : Source : ATAG 2020

9 : Source : Rapport EASA (Décembre 2020).

## Décarboner l'aviation.

**Le secteur s'est engagé à mettre au point d'ici à 2035 un avion décarboné.** La moitié des avions en circulation sont issus de la recherche et des industries françaises et européennes : ce sont donc elles qui dessineront et qui produiront **l'avion de demain, digital et connecté.**

Cette ambition a conduit le transport aérien à s'engager dans un plan d'actions pour une **trajectoire de décarbonation permettant d'atteindre les objectifs fixés à l'échelle internationale.** Cet objectif implique des ruptures technologiques différentes selon les types d'avion.

Le recours aux batteries ne sera possible que pour les petits appareils, sur de courtes distances (solutions hybrides / électriques). Pour les avions court, moyen ou long courrier, il s'agit d'une part de développer de nouveaux appareils ultra-sobres et d'autre part de recourir à des énergies non fossiles.

**Pour l'aviation générale et les petits appareils,** la cible est de développer un avion hybride-électrique. Cette classe d'appareils permet d'utiliser des batteries sans que leur masse en devienne prohibitive.

**Pour les court-moyens courriers** (70% de la flotte mondiale), deux scénarios seront étudiés en parallèle avec un point de décision vers 2025.

- **Configuration ultra-frugale** offrant une rupture sur la consommation et dont le développement devrait être lancé vers 2027. Objectif : gain de 30% par rapport à la génération précédente, en combinant aux progrès de motorisation des améliorations de l'aérodynamique de l'appareil. L'objectif de zéro émission sera atteint par incorporation de 100% de carburants durables (issus de la biomasse ou totalement synthétiques).

- **Configuration d'avion « en rupture »** (à hydrogène), qui vise le zéro-émission, avec une entrée en service à partir de 2035. La démonstration de faisabilité technologique doit être disponible en 2026, afin d'enclencher à temps les phases de montées en maturité et de cadrage réglementaire pour la certification.

**Pour les longs courriers,** la démarche vers l'avion à hydrogène étant plus complexe et s'appuyant sur les acquis d'un avion ultra-frugal, et par conséquent plus loin dans le temps, la stratégie consiste à **développer un avion ultra-sobre** et à promouvoir l'incorporation de **carburants durables.**

**Airbus** évalue ainsi actuellement différents concepts et accélère le développement des technologies requises pour concevoir cet avion zéro-émission. Les nouveaux **concepts d'avion zéro-émission** d'Airbus ont été présentés fin 2020, ainsi que sa **feuille de route** pour un avion à hydrogène zéro-émission à partir de 2035.

L'**hydrogène**, utilisé comme source d'énergie pour la propulsion, est une des options présentant un fort potentiel. Il permet de ne pas générer d'émissions de CO<sub>2</sub>, il est déjà utilisé dans d'autres secteurs. Par ailleurs, l'hydrogène peut être utilisé pour produire de l'électricité, via des piles à combustibles pour des avions hybrides-électriques.

La filière aéronautique française, des grands groupes aux PME, est déjà au travail collectivement sur ces différentes options et une **feuille de route détaillée** sur 10 ans a été élaborée, avec des étapes de faisabilité technique. Elles permettront, vers 2027, d'opérer les choix stratégiques sur le couple avion-énergie optimal pour une date d'entrée en service d'un avion décarboné à partir de 2035.



## Quels axes technologiques pour réussir ?

Globalement, les industriels de l'aéronautique, en France, investissent **plusieurs milliards d'euros chaque année dans la recherche et le développement** pour produire des avions plus performants à tous points de vue, en particulier environnemental.

**Cet effort majeur de R&D s'intensifie aujourd'hui pour élaborer les innovations et les ruptures technologiques pour l'aviation du futur.**

Les innovations et les ruptures technologiques dans les domaines de la **propulsion, des équipements, des matériaux, des intérieurs de cabine, de l'aérodynamisme, des systèmes et de la chaîne d'énergie à bord, et des carburants** justifient une forte coordination afin de concevoir une nouvelle génération d'appareils porteurs de l'ensemble des innovations.

La conception de l'aviation du futur doit aussi s'inscrire dans un écosystème qui doit être développé de concert : **gestion du trafic aérien, aéroports, disponibilité et prix des carburants, support en service...**

C'est tout l'objet des travaux des industriels du GIFAS en France, au sein du **CORAC (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile)**, organe de concertation État-Industrie pour la mise en place du programme de recherche de l'ensemble de la filière française.

L'industrie aéronautique cherche aussi à réduire son empreinte environnementale sur **l'ensemble du cycle de vie** de ses produits : de leur conception, mais aussi de leur fabrication (réduction d'énergie, matières premières, substances chimiques, eau, déchets...), leur réparation, maintenance et fin de vie (déconstruction, recyclage).

Enfin, rappelons que le **remplacement des générations d'avions les plus anciennes** constitue déjà un gain très significatif.

## Les opérations : l'avion de demain sera aussi digital et connecté.

**L'avion de demain sera plus respectueux de l'environnement, plus autonome, digital et connecté.**

Le numérique prendra en effet une place toujours plus stratégique dans l'approche industrielle du secteur. L'utilisation avancée des données permet une amélioration réelle des vols et de la gestion du transport aérien : optimisation de la maintenance et de la consommation de carburant à partir des données récoltées en vol, maintenance prédictive et cockpits connectés et intelligents...

**L'optimisation des opérations aériennes et aéroportuaires** (trajectoires et gestion du trafic aérien), via l'optimisation des routes, procédures de vol (descentes continues, sans palier), ou toute autre évolution des opérations, pourrait conduire à des **économies de carburant de l'ordre de 10%** et donc des émissions de CO<sub>2</sub>, tout en améliorant la gestion du trafic aérien.

De plus, grâce aux moyens satellitaires offrant des capacités de géolocalisation très précises et fiables, les procédures d'approche permettront des progrès significatifs en matière de consommation mais également de bruit.

## Quels carburants pour l'avion de demain ?

**Différents types de carburants sont possibles**, dont certains déjà disponibles industriellement.

- **Les biocarburants.** Plusieurs filières de biocarburant sont déjà certifiées ou en cours de certification. Il est permis d'envisager une valorisation optimale de l'ensemble des gisements de biomasse sans impact négatif (usage des sols, biodiversité...). Ces biocarburants peuvent d'ores et déjà être utilisés pour les vols commerciaux avec des taux d'incorporation allant jusqu'à 50 % aujourd'hui et potentiellement 100 % à l'avenir.





Mais leur prix encore élevé ne permet pas à ce jour un déploiement massif. Ces carburants permettent une **réduction des émissions de gaz à effet de serre pouvant aller jusqu'à plus de 80%** sur l'ensemble de leur cycle de vie.

- **Les carburants de synthèse** issus de l'électricité renouvelable. Les filières de production de carburants à base d'électricité utilisent l'électricité bas-carbone pour produire de **l'hydrogène vert**. Combiné avec du CO<sub>2</sub> capté dans l'atmosphère à partir des émissions industrielles, cet hydrogène permet de synthétiser un carburant renouvelable, dont le bilan gaz à effet de serre est proche de 0, et totalement compatible avec les technologies aéronef et carburant actuelles.
- **L'hydrogène**. Il présente un bilan environnemental sur l'ensemble du cycle de vie extrêmement intéressant pour peu qu'il soit produit à partir de source bas-carbone (électrolyse via de l'électricité bas-carbone, réformage du biogaz...). Son usage dans l'aéronautique s'inscrit dans la mouvance de fond autour du développe-

ment de la filière hydrogène au niveau Français et Européen. L'hydrogène devra cependant être utilisé sous forme liquide cryogénique dans un aéronef, nécessitant donc le développement d'un ensemble de technologies totalement nouvelles, tant au niveau de l'aéronef que de l'infrastructure aéroportuaire.

**Un plan ambitieux de développement a été lancé en France**, mais une généralisation de ce type d'aéronef notamment sur les lignes régionales n'interviendra le cas échéant qu'à moyen / long terme.

**En termes de carburants aéronautiques durables, l'Union Européenne s'est fixé l'objectif d'incorporation de 6% en 2020, 20% en 2035 et 70% de carburants durables en 2050.**

Quelle que soit la filière considérée, le déploiement des carburants durables ne se fera que si l'équation économique est trouvée, avec une réduction massive de la consommation des aéronefs. Le développement des carburants bas-carbone ne vient donc pas en remplacement de la sobriété énergétique mais au contraire s'appuie sur celle-ci. Ces filières seront complémentaires car elles pourront se spécialiser en fonction des aéronefs et du type de trajet (court/moyen/long courrier). Enfin, il sera nécessaire **d'aligner les efforts du secteur aérien avec les acteurs de la filière Energie.**

**Les projections sur 2020-2050 des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> de l'aérien calculées en tenant compte de l'ensemble de ces innovations et des délais de mise en service montrent qu'il est possible de limiter puis de diminuer les émissions mondiales dès 2030, voire avant, et d'atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050.**

**L'ensemble du secteur est totalement mobilisé pour réaliser la transformation que la société attend de lui. Cette transformation est complexe et nécessitera du temps, le soutien financier des Etats et l'implication de nombreuses filières.**

[www.gifas.fr](http://www.gifas.fr)

**GIFAS**