

Pouvoir voler en 2050

QUELLE AVIATION DANS
UN MONDE CONTRAINT ?

SYNTHÈSE

03 MARS 2021



Avec la contribution de :



Édito

Peu de secteurs occupent dans le paysage de la transition énergétique une place aussi singulière que l'aviation. Industrie de pointe à l'impact climatique négligeable pour ses défenseurs, lubie des ultra-riches rompus à l'exercice de minimiser leurs émissions pour ses détracteurs, elle génère des avis clivants et des oppositions parfois stériles.

Les auteurs du présent rapport soutiennent l'idée que par-delà ces positions extrêmes, une autre voix doit se faire entendre.

En mai 2020 un premier rapport intitulé Crise(s), climat : préparer l'avenir de l'aviation proposait une série de mesures décarbonantes que l'État pourrait exiger en contrepartie de son soutien au secteur. En ciblant des actions activables immédiatement et aux effets significatifs dès 2025, ce rapport défendait l'idée que le redressement d'un secteur durement touché par la crise n'était pas incompatible avec le lancement d'une politique effective de décarbonation. Bien au contraire : il soutenait que temporiser la transition énergétique de l'aviation la rend d'autant plus vulnérable face à la menace climatique.

Les neuf mois qui nous séparent de cette publication ont été jalonnés d'événements contrastés. Si Airbus s'est engagé dans la production d'un avion à hydrogène en 2035, si les prises de positions publiques sur la décarbonation de l'aviation se sont multipliées, la crise sanitaire s'est prolongée, affectant l'équilibre financier de nombreux acteurs aujourd'hui confrontés à un risque de faillites sans précédent. Mais ces neuf mois ont aussi vu de nombreuses voix s'élever, celles d'ingénieurs, de pilotes, de contrôleurs aériens, d'employés de compagnies aériennes et de simples usagers de l'aviation qui se sont reconnus dans le discours du rapport du Shift Project. Exprimer leur intérêt pour la démarche, en souligner les manques et les limites, a conduit un grand nombre d'entre eux à souhaiter poursuivre l'analyse.

Telles sont donc les contributrices et contributeurs de ce nouveau rapport : des professionnels du secteur désireux de se confronter à l'angoissante mais inéluctable question de savoir comment agir aujourd'hui pour continuer à voler demain, dans un monde contraint. Si personne ne mésestime les souffrances et le désarroi causés par la crise du COVID-19, bien plus lourdes sont les menaces que laissent augurer le changement climatique, l'épuisement des énergies fossiles et l'effondrement de la biodiversité sur la vie humaine en général, et sur l'aviation en particulier.

Nous qui aimons l'aviation et qui pour beaucoup en ont fait leur métier, nous qui aimons la technique, les grandes découvertes, toute cette prodigieuse intelligence humaine mobilisée pour faire voler des machines, nous affirmons aimer plus encore la vie, la nature et la science - cette science qui décrit aussi rigoureusement les phénomènes aérodynamiques et climatiques, cette science dont on ne peut à la fois jouir des bienfaits et ignorer les bouleversements qu'elle projette.

Nous, ingénieurs aéronautique, pilotes, contrôleurs aériens, employés de compagnies aériennes, usagers ou simples amoureux de l'aviation, las des discours clivants à son égard, signons ce rapport avec l'ambition de créer les conditions d'un débat apaisé sur sa capacité à réduire drastiquement ses émissions de gaz à effet de serre, dans des proportions compatibles avec un monde vivable en 2100. Nous, aérophiles climato-concernés, revendiquons pouvoir faire partie de la solution plutôt que du problème, en portant une parole transparente, désintéressée et scientifiquement étayée sur ce que peut faire - mais aussi ne peut faire - le secteur aérien pour se décarboner.

Lire le communiqué de presse



Comité de rédaction

Equipe de rédaction

N.B. La situation professionnelle de certains membres de l'équipe les contraint à l'anonymat. Par ailleurs, chacun des contributeurs s'exprime ici en son nom propre et ses propos ne reflètent en aucun cas ceux de son entreprise ou association, exceptions faites de The Shift Project, les Shifters, Citoyens pour le Climat et SUPAERO-DECARBO. Ces derniers portent une parole indépendante de l'Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE-SUPAERO) qui ne l'engage en rien.

Ange **BLANCHARD** (Etudiant ISAE-SUPAERO), Jeanne **BOSCHIERNE** (Étudiante ISAE-SUPAERO), Angela **BOVO** (Ingénieure SUPAERO, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), François **CAMILLERI**, (Ingénieur aéronautique, Membre du Pôle Sciences du collectif Citoyens Pour Le Climat), Grégoire **CARPENTIER** (Ingénieur SUPAERO, Co-fondateur du collectif SUPAERO-DECARBO), Olivier **COEURDRAY** (Ingénieur SUPAERO, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), Maximilien de **POMMEROL** (Etudiant ISAE-SUPAERO), Olivier **DEL BUCCHIA** (Ingénieur SUPAERO, Co-fondateur du collectif SUPAERO-DECARBO), Xavier **DEVARS** (Pilote de Ligne), Soizic **ESNAULT** (Doctorante en mécanique des fluides), Louis **FIEVET** (Ex-ingénieur aéronautique, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), Yannick **GIRARDEAU** (Etudiant ISAE-SUPAERO), Bich **HA DUONG** (Ingénieur SUPAERO, 16 ans de carrière dans une compagnie aérienne, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), Nicolas **HUBERT** (Ingénieur aéronautique, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), Clément **JARROSSAY** (Ingénieur aéronautique), Auriane **JOUDIQUO** (Étudiante ISAE-SUPAERO & Sciences-Po Paris), Alix **LAGET** (Contrôleuse aérienne), Julien **MARCINKOWSKI** (Ingénieur aéronautique, Formateur énergie-climat), Florian **NGUYEN** (Ingénieur aéronautique et spatial), Florent **NOBELEN** (Ingénieur aéronautique, Membre du collectif

SUPAERO-DECARBO), Marie **REBIERE** (Étudiante ISAE-SUPAERO), Jules **RICHARD** (Ingénieur aéronautique, conseiller en mobilité, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), François **ROBERT** (Ingénieur aéronautique, Etudiant en Arts et Politiques à Sciences Po, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), Elisabeth **WOELDGEN** (Ingénieure aéronautique).

Ont souhaité garder l'anonymat : Guillaume (Pilote de ligne), 6 ingénieurs aéronautique, 1 ex-administrateur d'une compagnie aérienne.

Relecture / Conseil

Loïc **BONIFACIO** (Ingénieur ESTACA), Sigrid **CLAVIERAS** (Ingénieure SUPAERO, Union des transports publics et ferroviaires, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), Maxime **EFOUI-HESS** (Ingénieur SUPAERO, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO, Chargé de projet, THE SHIFT PROJECT), Yves **FOUQUART** (Ancien professeur de l'Université de Lille, Ex-membre du comité scientifique du Programme mondial de Recherches sur le Climat et co-rédacteur du 3ème rapport du GIEC), Nicolas **GOURDAIN** (Professeur à l'ISAE-SUPAERO, Membre du collectif SUPAERO-DECARBO), François **NEGRE** (Contrôleur aérien, Expert ATM pour les études européennes), Nicolas **RAILLARD** (Chef de projet THE SHIFT PROJECT), Yannick **SALEMAN** (Chef de projet emploi, finance, macroéconomie, THE SHIFT PROJECT), Antoine **THEBAULT** (Air Asia, Group Operation Division), Léa **FOURCADE** (Graphiste), Édouard **LAFORE** (Infographiste).

Ont souhaité garder l'anonymat : Un ingénieur aéronautique, un membre de la DGAC, un membre de l'OACI, une personne en poste dans les solutions IT pour les compagnies aériennes et le secteur du Voyage, Manager en Stratégie

Table des matières

1	Contexte	4
2	Objectifs clés du rapport	4
3	Notre proposition de base : l'instauration d'un budget carbone pour le transport aérien	5
4	Nos 2 scénarios de décarbonation	5
5	Focus sur la France : quelles mesures de décarbonation activer rapidement au niveau national ?	7
6	Impacts sur les emplois en France	8
7	Conclusion	9

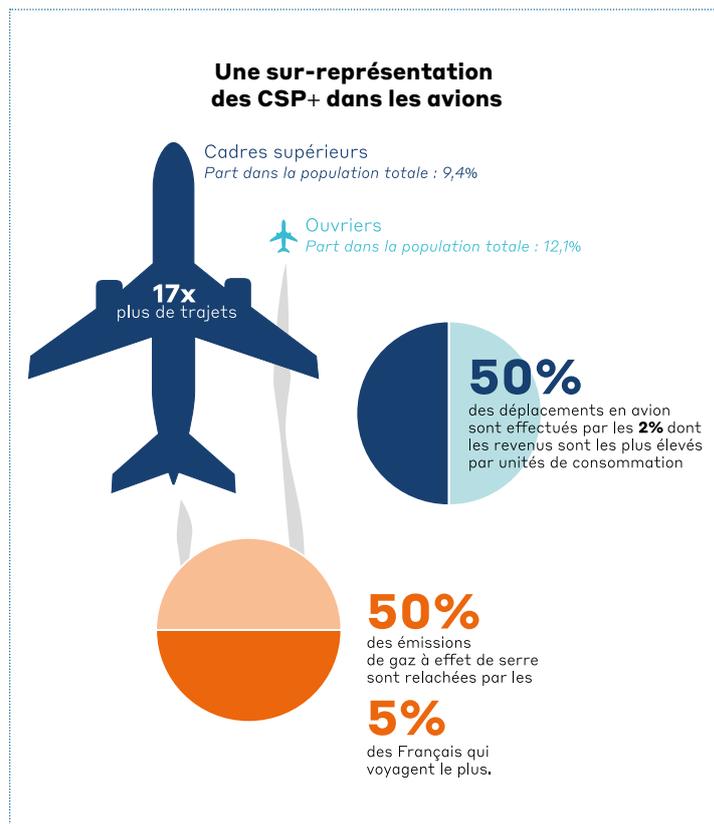
1 Contexte

Le secteur aérien est aujourd'hui frappé par la pire crise de son histoire, affectant tous les acteurs du secteur avec des risques de faillites en cascade, de pertes d'emplois, et de savoir-faire uniques [25]. A plus long terme, **les risques climatiques, couplés avec l'épuisement des ressources fossiles, menacent l'ensemble de l'économie mondiale**. Plus que jamais, anticiper et se transformer devient, pour l'aviation comme pour tout autre secteur économique, un enjeu de survie dans le monde bas carbone de demain.

En 2018, l'aviation civile mondiale a émis ~1,1 GtCO₂ [2], amont compris, soit **~2,56% des émissions mondiales de CO₂** (agriculture, foresterie et autre utilisation des terres inclus) [23]. Malgré l'amélioration continue de l'efficacité énergétique des aéronefs, **les émissions de CO₂ ont augmenté de 42% entre 2005 et 2019** [3] **du seul fait de la croissance du trafic aérien**. Avec les perspectives de croissance post crise COVID annoncées par l'IATA [35], la maîtrise de ces niveaux d'émissions est une préoccupation de premier ordre.

Le transport aérien contribue également au dérèglement climatique par le rejet d'autres GES. **En 2011, l'aviation contribuait ainsi – en comptabilisant les effets hors CO₂ – à hauteur de 3,5% au forçage radiatif effectif net ; en 2018, la part des effets hors CO₂ au forçage radiatif est deux fois supérieure à celle du CO₂ seul** [6]. Toutefois, il n'existe pas encore de consensus sur une métrique robuste pour décrire les impacts climatiques de ces effets, dont la dynamique et la temporalité sont significativement différentes. Nous présentons l'état des connaissances scientifiques sur les phénomènes hors CO₂ [21], mais dans un objectif de robustesse des calculs et de projection sur le long terme, les études quantitatives se concentrent sur les seules émissions de CO₂. L'impact climatique évalué doit donc être considéré comme minimum. Il est bien rappelé que toute technologie ou stratégie de réduction des émissions de l'aérien doit intégrer l'ensemble de ces phénomènes.

Rappelons qu'en dépit de ses efforts de démocratisation, le transport aérien reste l'apanage d'une minorité de personnes, parmi les plus aisées. **Seule 10% de la population mondiale prend l'avion chaque année** [4] **et, en 2018, 1% de la population mondiale était responsable de 50 % des émissions de l'aviation** [5]. Ramenés au nombre de voyageurs uniques, ces niveaux d'émission prennent une toute autre dimension.



2 Objectifs clés du rapport

1 Proposer la **définition et l'instauration d'un budget carbone** pour le transport aérien

2 Chiffrer les mesures de décarbonation proposées par le secteur via une **analyse par scénario**

3 **Soumettre nos deux scénarios de décarbonation** à l'épreuve du budget carbone, afin d'en tirer des conclusions

4 Lister les mesures de décarbonation activables rapidement au niveau national

Nous avons adopté une approche holistique qui couvre les prérequis technologiques, énergétiques, et organisationnels ainsi que les impacts sur les usages, les emplois et les infrastructures. Les aspects relatifs à la consommation de ressources non énergétiques et au financement de la transition sont bien identifiés mais leur quantification fera l'objet d'une étude ultérieure [1]. La Note méthodologique qui accompagne la présente étude sera publiée dans les semaines qui viennent.

3 Notre proposition de base : l'instauration d'un budget carbone pour le transport aérien

« **Limiter l'élévation de la température à +2°C par rapport aux niveaux préindustriels avec une probabilité de 67% » est un objectif climatique conforme à l'Accord de Paris** et communément pris en référence dans les publications scientifiques. **Face à cet objectif, le GIEC évalue un budget carbone mondial de 1 170 GtCO₂ [7]** ramené à 844 GtCO₂ pour la période 2018 - 2050.

Si le secteur aérien s'est fixé l'objectif ambitieux de réduire de 50% en 2050 par rapport à 2005 [8], il n'a pas pour autant défini de budget carbone. D'autre part, les comptabilités carbone nationales excluent le transport international, dont l'aérien. Il n'est donc pas possible de garantir la compatibilité des différentes trajectoires envisagées par le secteur avec l'objectif climatique formulé par le GIEC.

C'est sur la base de ce constat qu'est formulée la proposition cadre de l'étude, consistant essentiellement à **définir un budget carbone et une trajectoire de réduction des GES pour le transport aérien, national et international, tenant compte de la totalité de l'impact climatique du transport aérien, hors effet hors CO₂.**

Ainsi, **nous avons défini un budget carbone pour l'aviation internationale**, c'est-à-dire la quantité totale de GES que le secteur peut émettre d'ici 2050 pour rester dans l'objectif de contenir le réchauffement climatique à 2°C d'ici 2100.

Le budget carbone de l'aviation internationale pourrait être défini par l'OACI et décliné dans la SNBC [9] et dans la prochaine révision des Contributions au niveau national (CDN) [33].

Dans cette étude, le budget carbone de l'aérien est défini **au prorata des émissions du secteur en 2018, soit respectivement 536 MtCO₂ au niveau mondial et 21,6 MtCO₂ au niveau français [11], sur la période 2018-2050.**

Dans cette étude, **les budgets carbone* de l'aérien sont définis au prorata des émissions du secteur en 2018,** soit respectivement :



536 MtCO₂
au niveau mondial

21,6 MtCO₂
au niveau français.



* sur la période 2018-2050.

4 Nos 2 scénarios de décarbonation

En partant de cette proposition de base, nous avons étudié deux trajectoires possibles de réduction des impacts climatiques du transport aérien compatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris.

Pour cela, nous avons établi **deux scénarios de décarbonation par la technologie du secteur aérien**, nommés « **MAVERICK »** et « **ICEMAN »** [13].

Le scénario « **MAVERICK »** prend des hypothèses très optimistes sur le potentiel de décarbonation par la technologie, mais qui suppose des choix largement favorables au secteur aérien, des investissements importants et immédiats, et qui présente un haut niveau de risque sur sa mise en œuvre dans des délais courts.

- Dans ce scénario, la **flotte mondiale se renouvelle en 15 ans** (contre une moyenne actuelle de 25 ans estimée d'après les données de l'OACI [27]), la **production de carburants alternatifs est maximale** (au-delà de toutes les projections actuelles) [13] et **elle est destinée en priorité au transport aérien.**

Le scénario « **ICEMAN »** prend des hypothèses raisonnablement optimistes sur le potentiel de décarbonation par la technologie, plus étalé dans le temps et qui présente donc plus de marges pour sa mise en œuvre.

- Dans ce scénario, le scénario précédent est **décalé de 5 ans, la flotte se renouvelle en 25 ans** et le transport aérien n'accède qu'à **50% de la production mondiale de carburants alternatifs.**

Nous partons de l'hypothèse que le trafic retrouve son niveau de 2019 en 2024, et qu'il croît ensuite de 4% par an jusqu'en 2050 (projection 2019-2039, IATA).

Les scénarios sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	MAVERICK	ICEMAN	
Gains en efficacité énergétique et sur les opérations au sol et en vol	Progression graduelle entre 2021 et 2050, allant jusqu'à -10%		
Roadmap industrielle d'arrivée sur le marché de nouveaux avions	Roadmap agressive, détaillée par type d'avion, incluant : <ul style="list-style-type: none"> • Gains technologiques optimistes • Entrée en service de courts et/moyens courriers à hydrogène en 2035 • Entrée en service d'un long-courrier pouvant voler avec 100% de carburants alternatifs en 2035 	Décalage de 5 ans par rapport à Maverick.	
Cadence de renouvellement des flottes	Tous les 15 ans	Tous les 25 ans	
Priorité des carburants alternatifs pour l'aérien (production abondante pour les deux scénarios)	100% de la production de carburants alternatifs dédiée à l'aviation	50% de la production de carburants alternatifs dédiée à l'aviation	
	 Hypothèse raisonnable	 Hypothèse optimiste	 Hypothèse très optimiste

Conclusions

Nous avons soumis ces deux scénarios à l'épreuve du budget carbone précédemment établi.

Si les deux scénarios « MAVERICK » et « ICEMAN » permettent d'infléchir significativement la courbe des émissions, **aucun des deux n'est compatible avec le budget carbone dans cette hypothèse d'une croissance de trafic de 4% par an**. Au-delà des incertitudes qui pèsent sur la réalisation des objectifs technologiques du secteur, la vitesse de diffusion des innovations dans la flotte est trop faible au regard de l'urgence climatique.

En résumé, nos travaux montrent **qu'aucune trajectoire réaliste ne peut conduire à l'objectif sans réduire la croissance du trafic**.

Tenir le budget carbone

Pour rester dans l'enveloppe du budget carbone **définie plus haut**, il reste théoriquement trois options :

- **Parier sur encore plus d'amélioration technique et plus vite que dans le scénario « MAVERICK »** : c'est un pari très risqué, ce scénario étant déjà une limite très haute de ce que l'on peut attendre du progrès technique et engendrant déjà des externalités énergétiques considérables.

- **Rehausser le budget carbone du secteur aérien** : cela nécessite d'abord de définir un tel budget au niveau international, de le piloter et d'effectuer des arbitrages intersectoriels forts au détriment d'autres secteurs, le budget total n'étant pas négociable puisque déterminé physiquement. Cependant, il n'existe pas à ce jour de gouvernance internationale pour le faire. De plus, le secteur aérien est

déjà largement en compétition avec d'autres secteurs pour l'accès aux ressources bas carbone et au financement de ses programmes de développement.

- **Revoir l'hypothèse de trafic à la baisse** : il est essentiel d'intégrer cet élément dans les trajectoires de décarbonation afin d'établir une politique de sobriété pertinente et d'anticiper les conséquences sur l'emploi du secteur aérien.

Ainsi, pour rester dans l'enveloppe du budget carbone définie plus haut, nous devons abaisser le taux de croissance à partir de 2025 à +2,52% dans le scénario « MAVERICK », et à -0,8% dans le scénario « ICEMAN ». Si ces niveaux de modération n'étaient pas effectifs en 2025 et que le trafic continuait sa progression de 4% par an, l'effort à fournir ultérieurement serait fatalement plus important. La Figure 5 montre l'évolution de l'effort de sobriété à fournir pour rester dans le budget carbone, selon l'année où le trafic n'augmenterait plus de 4% par an, que ce soit « spontanément » ou à la suite d'un consensus international sur la modération de la croissance.

La situation nécessite à la fois des choix tactiques pour maîtriser les émissions à court terme au sein du budget carbone, et des choix stratégiques pour pérenniser le niveau d'émission du secteur aérien post 2050.

A budget carbone constant, plus nous tardons, plus les conséquences sur le trafic – donc sur la santé du secteur aérien – seront importantes.

5 Focus sur la France : quelles mesures de décarbonation activer rapidement au niveau national ?

Les scénarios « MAVERICK » et « ICEMAN » ont été déclinés au niveau France.

Ramenés au périmètre des émissions France, celui mesuré par le DGAC [10], les hypothèses des scénarios « MAVERICK » et « ICEMAN » diffèrent du périmètre Monde sur trois points structurants : la production de biocarburant, la répartition des émissions long-courriers VS court et moyen-courriers [30] et les actions possibles à court terme, présentées ci-après.

A. Engager des mesures d'efficacité opérationnelle à court terme

Quatre axes de réductions des émissions, déployables à horizon 2025, ont été étudiés : **décarboner les opérations au sol, remplacer les appareils à turboréacteurs de petite capacité par des turbopropulseurs (à hélice), limiter le fuel tankering, réduire le cost index des vols au minimum.** [18] [31]

Mais leur impact est limité. A horizon 2050, ils ne contribuent qu'à 4% à l'effort de réduction nécessaire [32]. Comme l'a montré l'étude du scénario mondial, un budget carbone fixé impose de trouver d'autres mesures de réduction à court terme.

Ainsi, pour tenir dans l'enveloppe du budget carbone pré-défini, une sobriété dans les usages s'impose.

B. Engager des mesures de sobriété à court terme

La réduction du trafic aérien peut être subie, comme c'est le cas actuellement, ou **anticipée dans une dynamique permettant au transport aérien de se maintenir sur le long terme en maîtrisant ses émissions de GES.** La sobriété des usages peut venir d'une réduction de l'offre ou de la demande.

Dès lors, **comment adapter l'offre de l'aérien pour inciter à la sobriété et à la complémentarité avec des modes de transport moins émissifs ?**

Quatre axes d'adaptation de l'offre de transport, déployables à court terme, sont étudiés : **densifier les cabines, supprimer l'offre aérienne lorsqu'une alternative ferroviaire de moins de 4h30 existe, limiter le trafic de l'aviation d'affaire, repenser le système de "miles"** [19] [31].

La mise en œuvre de telles propositions pose la question des **usages du transport aérien, du business model et du positionnement marketing des compagnies aériennes his-**

toriques. Là encore, il est primordial que **la législation accompagnant ces mesures ne défavorise pas les acteurs nationaux** au profit de leurs concurrents. Si ces mesures sont activables rapidement, car indépendantes d'un saut technologique ou d'un programme industriel, elles doivent s'inscrire dans une politique transnationale de long terme.

Ces mesures ont un effet significatif sur la courbe des émissions cumulées (-10%) car elles sont appliquées à très court terme (entre 2021 et 2025). Ainsi associées aux mesures techniques, elles permettraient de repousser d'environ un an la date de consommation du budget carbone.

Mais dans tous les cas, le niveau de sobriété apporté par ces mesures ne permet toujours pas de rester dans le budget.

C. Aller plus loin dans la sobriété

Pour rester dans le budget carbone France, le taux de croissance à partir de 2025 ne doit pas dépasser +0,71% dans le scénario « MAVERICK », et -1,75% dans le scénario « ICEMAN » [22]. Cette option n'a rien de facile. Elle sera d'autant plus douloureuse que l'anticipation sera faible (cf. Figure 5 dans le scénario monde, rapport long) et devra idéalement s'accorder avec des choix de société quant à la place et au rôle que nous souhaitons pour le transport aérien.

Quatre axes de réflexions ont été identifiés et semblent actionnables dès à présent, sur l'ensemble du périmètre du transport longue distance, incluant l'aérien [20] :

- **Informier et sensibiliser** les parties prenantes et le grand public, notamment en développant les **ressources pédagogiques sur les enjeux climatiques** du secteur, en réglementant le **mode de calcul des effets hors CO₂**, en développant un **calculateur officiel de l'empreinte carbone d'un voyage** pour tout type de moyen de transport ou encore en renforçant par voie réglementaire les **obligations d'affichage par les prestataires de transports de la quantité de gaz à effet de serre émise** pour tous les trajets.
- **Inciter les voyageurs** à réduire leur nombre de déplacements, dans un premier temps pour motifs professionnels, par exemple **via des mécanismes d'allègement fiscaux, ou de subventions à la mise en place d'outils de collaboration à distance ou d'environnements de coworking** dans les zones de moyenne et faible densité.
- **Impliquer les usagers de l'avion dans la priorisation des usages**, en étendant par exemple à la mobilité

longue distance les propositions D1 et D3 de la Convention Citoyenne pour le Climat [28], mais aussi **en créant un collectif citoyen des usagers du transport aérien** chargé de s'assurer que les politiques de sobriété soient réellement en ligne avec les attentes des citoyens. On privilégiera les dispositifs permettant aux désignés de recevoir une formation suffisante, comme c'est le cas par exemple des conférences de citoyens.

• **Réglementer l'usage**, que ce soit par la **limitation de l'activité** (limitation des créneaux aéroportuaires, encadrement des subventions, moratoires sur la construction de nouvelles infrastructures), par **restriction de la demande** (modification du signal-prix, allocation de droits à

voyager) ou encore via la **fiscalité**. Le chantier des taxes, particulièrement impopulaire, est fréquemment débattu sur le terrain de la justice sociale. Dans une perspective de juste répartition des efforts et d'équité d'accès au transport longue distance, une **taxe progressive indexée sur la fréquence des voyages et la distance parcourue** constitue une piste intéressante.

Ces dernières mesures doivent être **réfléchies à grande échelle, a minima au sein de l'Union Européenne, sur le périmètre global du transport longue distance**, afin de s'assurer de la réduction des émissions globales du secteur et d'un traitement équitable entre compagnie relevant de législations différentes.

6 Impacts sur les emplois en France

Le secteur aérien compte pour **3,5% du PIB mondial** avec plus de **60 millions d'emplois directs et indirects**. En France, l'aviation civile représente **4,3 % du PIB** (chiffre 2018), dont plus de la moitié pour la construction aéronautique.

L'activité de transport aérien en France regroupe environ **200 transporteurs aériens** et totalise **85 000 emplois directs** dont 60% en Ile-de-France. Du côté de l'industrie, l'aéronautique française affiche un solde positif à l'export de **31 milliards d'euros pour environ 350 000 emplois directs et indirects**.

Rester dans l'enveloppe du budget carbone Monde impose d'**ajuster le taux de croissance du trafic**, et ce quel que soit le scénario industriel : croissance annuelle de **+2,52% pour le scénario « MAVERICK »** et **-0,8% pour « ICEMAN »**. Toutes ces projections sont conditionnées par une croissance du tra-

fic modérée dès 2025, que ce soit de manière décidée (via un consensus international) ou subie (par exemple en conséquence du COVID-19). **Différer cette modération, en laissant le trafic repartir sur la tendancielle après 2024, permet à court terme d'éviter de nouvelles réductions d'effectifs, mais condamne d'autant plus l'emploi à long terme.**

Le scénario **« ICEMAN »**, évidemment loin d'être souhaitable, reste néanmoins l'éventualité la plus probable dans notre cadre d'analyse. Sous réserve d'une modération de la croissance effective dès 2025, **le trafic mondial projeté en 2050 est réduit de 19% par rapport à 2019, et la production d'avions de 55%**. Comment en anticiper au mieux les conséquences ?

La situation de l'emploi dans le secteur aérien dans le monde et en France

 **4,3** milliards de passagers



Le secteur aérien représente **3,5%** du PIB mondial



soit **60 millions** d'emplois directs et indirects.

Le secteur aérien représente **4,3%** du PIB français



soit **435 000** emplois directs et indirects.

 **172** millions de passagers



Répartis entre **200** transporteurs aériens et **120** aéroports.

Secteur du transport aérien en France

Air France a annoncé en juillet 2020 vouloir **supprimer 16% de ses effectifs d'ici 2022**, la moitié de ces postes correspondant à des départs non remplacés. Cette décision difficile est cohérente avec un espoir de reprise du trafic en 2024 mais ne résout pas la question de l'emploi à long terme.

40% des effectifs occupent un emploi dans des fonctions de support dont le transfert vers d'autres secteurs d'activité pose a priori peu de problèmes. Pour le reste, **la catégorie d'emploi la plus représentée est celle du personnel navigant commercial (PNC) qui pèse pour 22% des emplois du secteur [36]**. Les PNC remplissent une mission de sûreté et de secourisme d'une part, de relation client d'autre part. Cette population est multilingue, adaptable, habituée aux déplacements et formée au secourisme, autant de **compétences précieuses dans une société bas-carbone : tourisme local, aide à la personne, transport ferré par exemple**. La piste ferroviaire doit toutefois être abordée avec prudence, car le développement du train est notamment conditionné par le **financement de la régénération des infrastructures**, donc par la **volonté publique durable** de soutenir un mode de transport longtemps délaissé hormis la grande vitesse. D'autre part, le report de la majorité des emplois ne sera pas possible sans accompagnement à la reconversion, donc sans planification.

Secteur de l'industrie aéronautique

La plupart de nos scénarios impliquent une **limitation du trafic, donc une réduction de la taille des flottes** avec les impacts socio-économiques que l'on observe déjà dans le cadre de la crise sanitaire. Pour l'industrie aéronautique, **ce risque est amplifié par la structure du marché**. Passer d'un marché d'équipement (majoritairement) à un marché de renouvellement est en théorie bénéfique sur la décarbonation puisque la

diffusion du progrès technique est alors accélérée. A condition toutefois que les compagnies qui survivront à la crise sanitaire disposent de la trésorerie suffisante pour renouveler plus fréquemment leurs flottes. Impossible a priori sans initiatives réglementaires ni soutien financier supplémentaire. Et quand bien même, cela ne suffit hélas pas, dans la plupart des scénarios, à éviter une perte d'emploi en 2050.

Face à ce constat, **la diversification du tissu industriel permettrait de pallier la baisse d'emplois à court terme tout en augmentant la résilience du secteur et des économies locales dans lesquelles il s'insère, et de limiter à terme les risques d'un « syndrome de Détroit [37] »** qui préoccupe aujourd'hui la région toulousaine.

Un nouveau récit est à écrire. Celui-ci pourrait prendre la forme d'une **Alliance industrielle pour le climat, entité ad hoc en charge de réallouer les capacités productives actuellement sous-utilisées pour produire les équipements nécessaires à la transition énergétique**. Sans remettre en question les programmes industriels lancés par les grands donneurs d'ordre pour décarboner l'aviation par la voie technologique, cette Alliance pourrait jouer le rôle de **donneur d'ordre alternatif auprès de la chaîne de sous-traitance**, déchargeant ainsi les sociétés qui souhaiteraient la rejoindre des risques de la diversification. L'Alliance permettrait également **la mise en commun des ressources industrielles sous-utilisées afin de mutualiser les coûts de transformation vers une industrie plus compétitive et plus adaptable**.

En mettant le savoir-faire aéronautique au service de la lutte contre le changement climatique, l'Alliance se positionnerait ainsi comme un acteur manufacturier de premier plan pour la décarbonation de la France (ou encore mieux, de l'Europe) et participerait à l'effort de (re)localisation industrielle.

7 Conclusion

La limitation de nos émissions de GES et l'adaptation de nos sociétés aux conséquences du changement climatique sont une priorité de premier ordre. Le consensus scientifique incarné par le GIEC fait du budget carbone une métrique essentielle pour évaluer l'effort de transformation et les marges de manœuvre associées à un objectif climatique. **Définir un budget carbone sectoriel est donc un choix politique, préalable à l'élaboration de trajectoires** de réduction des GES. En son absence, nous avons retenu l'hypothèse neutre d'un budget carbone « 2°C » au prorata des émissions du secteur aérien en 2018.

Nos travaux montrent qu'**aucune trajectoire réaliste ne peut conduire à l'objectif sans réduire la croissance du trafic**. Respecter le budget carbone nécessite de conjuguer deux leviers : le **progrès des technologies décarbonantes** et **l'ajustement du trafic aérien** au rythme de leurs déploiements.

Si nos conclusions tranchent assurément avec l'optimisme des prévisions de croissance pré-COVID, **elles dessinent la voie d'une préservation durable du secteur, compatible avec les objectifs climatiques**, tout en limitant l'impact sur l'emploi. Mais ce scénario est d'autant moins probable que le secteur tarde à s'engager dans la trajectoire « 2°C » décrite dans ce rapport.

Le transport aérien fait partie de notre modernité, il nous a fait rêver, grandir, nous ouvrir aux autres. Pour que ce rêve demeure vivant face aux menaces du changement climatique, il est primordial de sortir du manichéisme et de partager une analyse lucide de la situation. L'ambition de ce travail est d'avoir jeté les bases d'une telle analyse et, au-delà, invité à une réflexion démocratique approfondie sur la place de l'aérien dans un monde bas-carbone.

NOTES

1. Voir rapport complet : Pouvoir Voler en 2050. Quelle aviation dans un monde contraint ?
2. Quantité de CO₂ seul en 2018 (sans prise en compte des autres gaz à effet de serre) de 905 MtCO₂ (hors amont) tirée du tableau « June 2020 » in IATA, Airline Industry Economic Performance – June 2020 – Data Tables. D'autres sources fournissent des valeurs différentes mais du même ordre de grandeur, ce qui suffit pour notre étude ici : 918 Mt selon l'ICCT, 905 Mt selon l'EESI, ou 918 Mt selon l'OACI.
3. Voir Note de calcul, source ATAG pour 2005 et IATA pour 2019
4. Le Monde https://www.lemonde.fr/idees/article/2011/11/01/7-milliards-en-avion_1596821_3232.html
5. The Guardian, 1% of people cause half of global aviation emissions – study, 2020.
6. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, par Lee et al., Atmospheric Environment, 2020, 117834, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231020305689>)
7. Voir rapport complet §4.2.3, sourcé du GIEC SR15, chapitre 2
8. Cible ATAG présentée dans le rapport « 2019 Environmental Report » de l'OACI (p174)
9. SNBC: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
10. DGAC, Bilan des émissions gazeuses 2019 : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/bilan_emissions_gazeuses_2019.pdf
11. Voir rapport complet §5.9.3
12. IATA <https://www.iata.org/contentassets/6dfc19c3fdce4c9c8d5f-1565c472b53f/2020-09-29-02-fr.pdf> et <https://www.iata.org/contentassets/e938e150c0f547449c1093239597cc18/pax-forecast-infographic-2020-final.pdf> (croissance mondiale entre 3,2% et 5,3% par an dans la projection 2019 / 2039)
13. Voir rapport complet §8.1
14. Voir rapport complet §7.2.2.3
15. GIEC 2014
16. Voir rapport complet §7.2.2.2
17. ICCT <https://www.fch.europa.eu/publications/hydrogen-powered-aviation>
18. Voir rapport complet §7.2.1
19. Voir rapport complet §7.3
20. Voir rapport complet §7.4
21. Voir rapport complet §5.7
22. Voir rapport complet §7.4.1
23. 42,1 GtCO₂ émis en 2018 au niveau mondial selon Global Carbon Project https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2019/GCP_CarbonBudget_2019.pdf
24. https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp_054_fr.pdf
25. Voir rapport complet §5.8 et annexe 3
26. Voir description du GWP* dans le rapport complet au §5.7.4
27. [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20\(1\).pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20(1).pdf) p.279
28. <https://propositions.conventioncitoyennepourleclimat.fr/pdf/ccc-rapport-final.pdf> p.235 et 247
29. Voir description détaillée des scénarios dans le rapport complet au §8.2
30. Voir analyse des écarts dans le rapport complet au §8.2.3
31. Les axes d'études nationaux ont été repris du rapport du Shift Project « CRISE(S), CLIMAT : PRÉPARER L'AVENIR DE L'AVIATION » paru le 27/05/2020 <https://theshiftproject.org/article/climat-preparer-avenir-aviation-propositions-shift-contreparties/>
32. Voir rapport complet §7.2.1.5
33. Voir détail de la proposition 0 dans le rapport complet au §6
34. Voir rapport complet §8.2
35. <https://www.iata.org/contentassets/e938e150c-0f547449c1093239597cc18/pax-forecast-infographic-2020-final.pdf>
36. FNAM, Rapport de branche, 2019. <https://www.fnam.fr/presse/publications>
37. Vers une crise économique majeure dans Toulouse et sa région. Toulouse, le syndrome Détroit ? par des représentants locaux de Copernic, Attac, l'Université Populaire de Toulouse et des Amis du Monde Diplomatique, le 22 avril 2020. Toulouse veut éviter le « syndrome Detroit », Matthieu Jublin, Alternatives économiques, le 17 juin 2020.



**Contact : Ilana Toledano,
Responsable Communication
The Shift Project**

ilana.toledano@theshiftproject.org

À propos de The Shift Project

The Shift Project est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. **www.theshiftproject.org**

À propos de SUPAERO DECARBO

SUPAERO-DECARBO est un collectif de plus de 100 actuels et anciens élèves de l'ISAE SUPAERO (l'une des grandes écoles qui forme les futurs ingénieurs et décideurs de l'aéronautique et de l'espace), dont plus de la moitié est en poste dans l'industrie aéronautique ou le transport aérien. Les SUPAERO-DECARBO ont pour objectif de proposer, soutenir, accélérer et contribuer à toute initiative permettant d'augmenter le niveau de conscience et de connaissances sur le changement climatique de chacun et d'imaginer le monde de demain, en lien avec l'école et l'industrie.



Avec la contribution de :

