

« L'aviation doit décroître rapidement afin d'atteindre les objectifs de l'accord de Paris »

Un peu de perspective

Les émissions de CO2 doivent baisser pour chaque secteur émetteur, **mais pas à n'importe quel coût**. Il serait simpliste d'associer un objectif identique à tous les secteurs (-x%), sachant que la technologie disponible, les besoins ou le coût sociétal d'une transition énergétique sont très hétérogènes d'un secteur à l'autre. **Une démarche coûts/bénéfices devrait être envisagée** afin de dépassionner les débats, d'établir des priorités et d'être finalement plus efficace. Or très peu d'études chiffrent ce rapport.

L'analyse du « drawdown project » évalue les bénéfices de certaines actions et les classe par ordre d'efficacité. Leur ambition est justement d'éviter de se focaliser sur « l'arbre qui cache la forêt » (P. 4 du rapport « drawdown review ») et d'identifier le potentiel de solutions applicables (P. 73 du rapport). Cette approche rationnelle place « Efficient Aviation » en 39^{ième} position sur 76 solutions identifiées. Bien que la partie bénéfices soit entièrement chiffrée au niveau mondial, la partie coûts (économiques et sociaux) est incomplète. L'ampleur de la tâche n'est pas à sous-estimer d'autant plus que les coûts et les bénéfices de chaque actions dépendent de tout un tas de paramètres (pays, économie, ressources, politique, culture....).

Overall Ranking	Solution	Total CO ₂ -eq (Gt) Reduced/Sequestered (2020-2050)	Net First Cost to implement solution (Billions \$US)	Net Lifetime Cost to operate solution (Billions \$US)	Net Lifetime Profit after implementation and operation (Billions \$US)
25	Multistrata Agroforestry	11.3	54	100	1,700
26	Offshore Wind Turbines	10.4	600	-600	-
27	High-Performance Glass	10.0	9,000	-3,300	-
28	Methane Digesters	9.8	200	2	-
29	Improved Rice Production	9.4	-	-400	200
30	Indigenous Peoples' Forest Tenure	8.7	-	-	-
31	Bamboo Production	8.3	52	500	1,700
32	Alternative Cement	8.0	-63	-	-
33	Hybrid Cars	7.9	3,400	-6,100	-
34	Carpooling	7.7	-	-5,300	-
35	Public Transit	7.5	-	-2,100	-
36	Smart Thermostats	7.0	100	-1,800	-
37	Building Automation Systems	6.5	200	-1,700	-
38	District Heating	6.3	200	-1,500	-
39	Efficient Aviation	6.3	800	-2,400	-
40	Geothermal Power	6.2	80	-800	-

Source: P. 87« The Drawdown Review: Climate Solutions for a New Decade »



Par exemple en France, **la décroissance de l'aviation représenterait un coût économique et social très important** (destruction d'emplois, appauvrissement de l'économie, réduction de la balance commerciale, difficulté d'acceptation par la population) **au regard des gains d'émissions de CO2**. Tandis que la rénovation des bâtiments, la recherche technologique sur les transports ou le développement de filières d'énergie propres permettent de réduire les émissions tout en créant des emplois.

Un objectif ambitieux, mais pas irréalisable

La décroissance nécessaire de l'aviation fait débat car elle oppose souvent les partisans de la technologie aux non-partisans (2 positions plus idéologiques que scientifiques). De nombreux rapports prédisant l'avenir sont publiés utilisant des hypothèses différentes (et très incertaines), ce qui amène inévitablement à des conclusions différentes. La neutralité des rédacteurs est également à questionner. Voici quelques exemples:

- Rapport de **BLevolution**, cabinet de conseil pour la transition écologique, => **conclu qu'une décroissance du secteur est nécessaire**
- Rapport du **ShiftProject**, think tank visant à libérer l'économie de la contrainte carbone, => **conclu qu'une décroissance du secteur est nécessaire**
- Rapport **Waypoint 2050** de l'ATAG, association regroupant des industries aéronautiques => **conclu que la technologie peut répondre à l'objectif de neutralité carbone** tout en maintenant la croissance prévue.

Sans reprendre les méthodes basées sur X hypothèses conjecturant l'avenir d'ici 2050 (les rapports « boule de cristal »), voici un petit calcul basé sur des faits d'aujourd'hui:

La consommation moyenne de l'aviation commerciale dans le monde est actuellement de **3,5l/pax.100km¹⁵**. Les avions commerciaux récents de types A220, A320NEO, 737MAX, B787, A350, A330NEO exploités en cabine dense et au taux de remplissage moyen de 85%, peuvent faire baisser la consommation à **2,2l/pax.100km¹⁶**.

En prenant l'hypothèse (plutôt très conservatrice) que l'ensemble de la flotte de 2050 sera constituée d'avions de 2020 comme ci-dessus (en configuration dense, bi-classe), alors une croissance de 1,56% /an (RPK ou pax.km) **n'augmentera pas la consommation par rapport à 2018**.

¹⁵ Pour l'année 2018. Le calcul a été réalisé avec 2 set de données différentes: une étude de l'ICCT et le rapport de l'IATA WATS 2019 qui donnent respectivement une moyenne de 3,47 et 3,49 l/pax.100km

¹⁶ Par exemple, selon P.7 de « *Transatlantic Airline Fuel Efficiency Ranking, 2017* », Norwegian en 2017 a une consommation moyenne de 2,27 L/Pax.100km sur les vols transatlantiques et atteint 2,08 L/Pax.100km sur des routes comme New-York/Londres ou Los Angeles/Londres qui utilisent principalement des B787. Le B737 Max 8 a une consommation de 15% inférieure au B737-800 ce qui donne environ 2,1 L/Pax.100km au taux de remplissage de 85%.



Ce qui **correspond à l'ordre de grandeur donné par Euro-control pour la France jusqu'en 2040**, tout comme le sénario de base de l'EASA qui table sur 1,5% de croissance / an jusqu'en 2040, mais pour l'ensemble de l'Europe (à noter que la prévision est valable pour le nombre de mouvements):

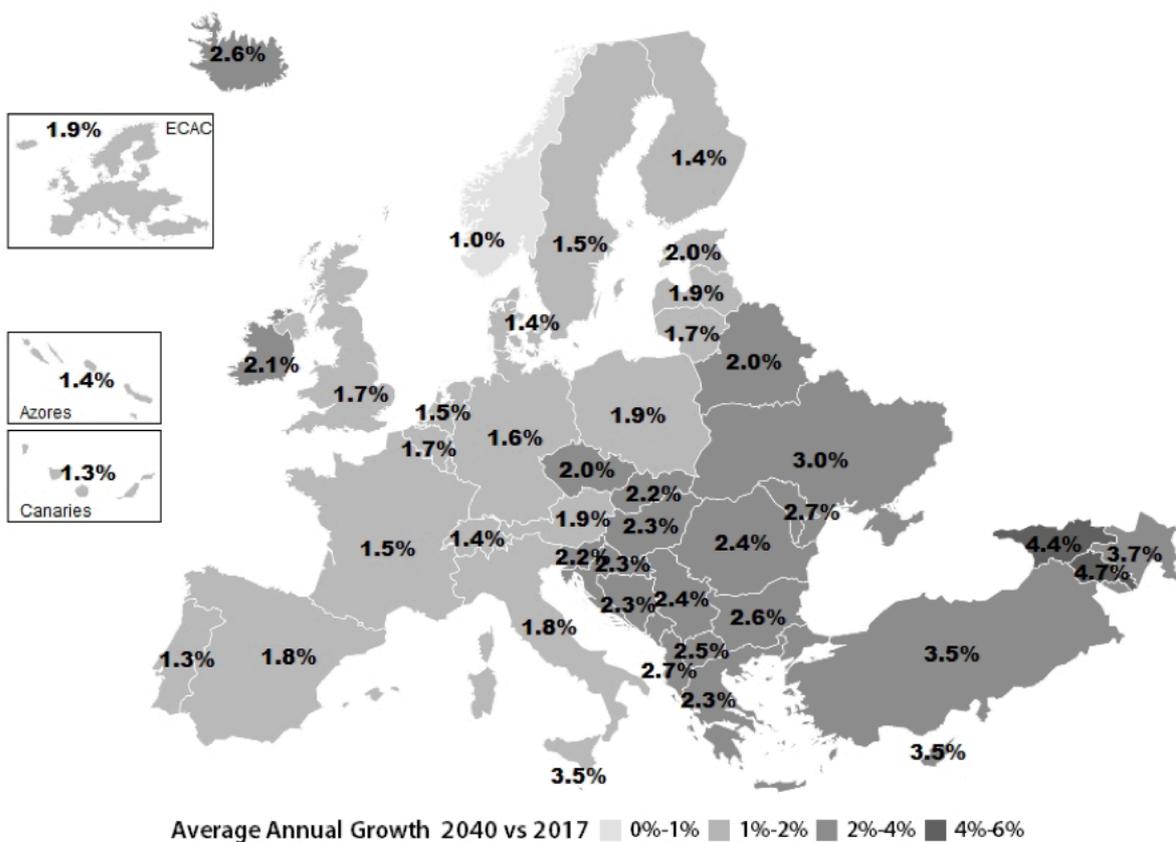


Figure 2 / Growth forecast to 2040 (IFR movements) in Regulation and Growth shows differences between Western and Eastern rates (the same is true in other scenarios).

Source: P. 4 Eurocontrol, European aviation in 2040, challenges of growth, Annex1



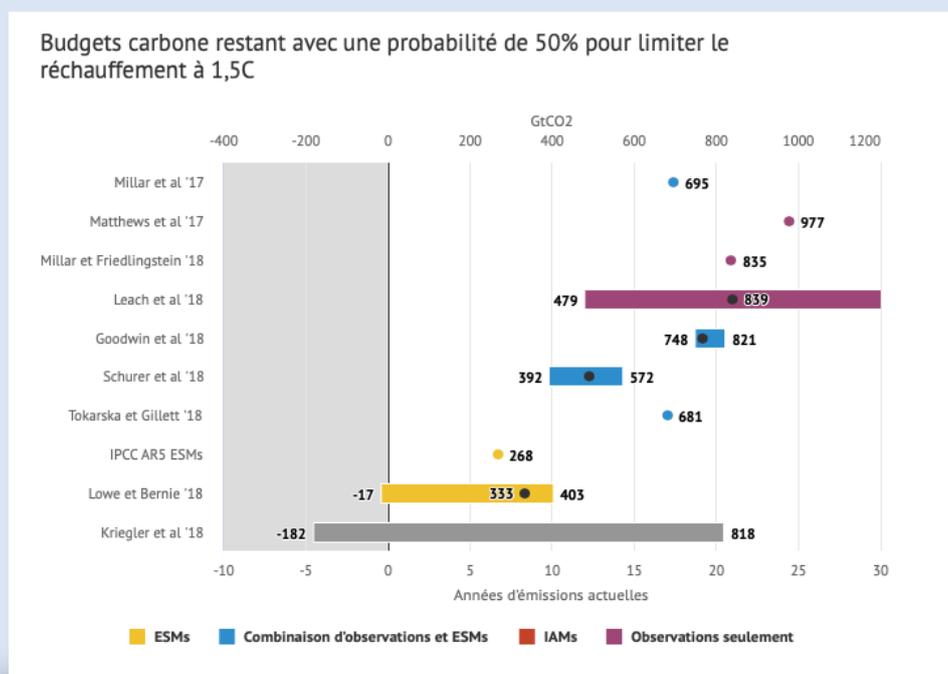
Avec cette croissance, quelle est la part de l'aviation dans le budget CO2 de La France « Accord de Paris »?

Budget CO2 « Accord de Paris »

- Le graphique ci-dessous synthétise plusieurs études sur le budget carbone qu'il nous reste pour limiter le réchauffement à 1,5°C avec une probabilité de 50%. Il est intéressant car il existe une échelle en terme d'années à émissions constantes. La dispersion est très grande, cela va de -5 ans (= on aurait déjà dépassé le budget) à +30 ans. Il semble y avoir une concentration d'études autour d'un budget de 15-20 ans (et qui sont basées sur l'observation). Prenons l'hypothèse de 17 ans, à partir de 2018. Nous sommes en 2020, les émissions françaises sont d'environ 340 millions tonnes CO2/an, il nous reste 5100 millions de tonnes de CO2 dans notre budget.

- La SNBC (P. 4 « Stratégie Nationale Bas Carbone ») établit un budget de 5600 millions de tonnes de CO2, ce qui est proche. On notera qu'il s'agit d'émissions intérieures, non liée à l'importation (qui sont comptées dans le pays émetteur).

Pour nos calculs, nous estimerons ce budget à 5300 millions de tonnes.



Source: [CarbonBrief](#)

Scénario: La flotte passe de l'actuelle flotte en 2020 (3,5l/pax.100km) à un remplacement total de la flotte en 2035 par des appareils de génération 2015 (2,2l/pax.100km) **sans progrès technique jusqu'en 2050**. En même temps, une croissance de 1,5%/an est constatée. C'est un scénario très conservateur:



Pour les vols intérieurs: Avec ce scénario, l'aviation intérieure représenterait **1,10% du budget CO2 Français total sur la période 2020-2050**. A partir de 2050, la SNBC préconise un budget annuel de 58 MtCO₂ (80MtCO₂eq ou GES) et l'aviation intérieure représenterait **3,6% de ce budget**.

Pour les vols internationaux: rappelons que ces vols ne sont pas inclus dans l'accord de Paris, et que leurs émissions n'ont pas d'impact sur la tenue stricto sensu des objectifs de l'accord. Mais il est vrai que c'est un point d'attention sur lequel les pays peuvent agir afin de limiter les émissions de CO₂.

En appliquant le scénario ci-dessus, les vols intérieurs + internationaux atterrissant en France représenterait **6,6% du budget CO2 Français total sur la période 2020-2050** (incluant les importations). A partir de 2050, ils représenteraient **21,3% du budget disponible incluant les importations** (rappelons que le budget de 2050 est 5 fois plus petit que celui de 2020). Cela semble beaucoup compte tenu de la place minoritaire que l'aérien représentait ces dernières années dans le bilan CO₂ total. La question de savoir quelle part doit avoir l'aérien en terme d'émissions en 2050 n'a pas vraiment de réponse. Il faudrait anticiper une analyse coûts/bénéfices par rapport aux autres secteurs à cette date, ce qui nécessiterait une étude dédiée.

Mais pour l'exercice, voyons quels progrès permettraient de réduire **l'empreinte CO2 des vols internationaux à 8% et 5% du budget CO2 Français en 2050:**

- Pour atteindre **8% du budget CO2 2050** il faudrait:
 - ▶ 0,8% D'amélioration technologique et opérationnelle par an (soit 21% sur la période 2020-2050)
 - ▶ 37% de Carburants Durables (soit 2 millions de tonnes / an)
 - ▶ 15% d'Offset

- Pour atteindre **5% du budget CO2 2050** il faudrait:
 - ▶ 1% D'amélioration technologique et opérationnelle par an (soit 26% sur la période 2020-2050)
 - ▶ 58% de Carburants Durables (soit 3 millions de tonnes / an)
 - ▶ 10% d'Offset

Ce sont des objectifs discutables, mais rationnels et tout à fait envisageables d'autant plus qu'ils ne prennent pas l'hypothèse de forte rupture technologique (Voir encadré).



Bilan: La tenue de l'accord de Paris est compatible avec une croissance des vols intérieurs dont l'impact sur le réchauffement climatique resterait minoritaire en 2050. Si on devait y inclure les vols internationaux (l'aviation internationale ne fait pas partie aujourd'hui des accords de Paris), la tenue de l'accord ne semblerait pas non plus incompatible avec une croissance modérée du secteur, même sans révolution technologique. Attention à ne pas mélanger la croissance soutenue prévue dans les pays asiatiques qui ne rentrent pas dans nos objectifs nationaux et sur laquelle nous n'avons aucun pouvoir... Sauf si nous arrivons à verdir la gamme d'Airbus, ce qui représenterait un levier très important de gain CO2 à l'international.

De nombreux axes d'amélioration:

L'amélioration technique et opérationnelle n'inclut pas l'hypothèse de rupture technologique. Historiquement l'aviation a progressé (fuel efficiency) de 2,7% par an entre 1990 et 2018 et plus récemment de 2% par an entre 2009 et 2019. Donc une hypothèse d'amélioration de 0,8 à 1% par an en 2050 est loin d'être déraisonnable.

Voici quelques innovations qui feraient sens jusqu'en 2050:

- Hybridation des avions avec des systèmes (Air Conditioning/pneumatique/Dégivrage, Hydraulique, Electrique, Taxi...) fonctionnant à l'électricité produite à partir d'hydrogène durables. Les systèmes représentent environ 4% de la puissance installées sur un avion (P. 5 « Energy optimization analysis of the more electric aircraft »), les phases de Taxi peuvent représenter 10% à 15% du carburant utilisé sur un vol court/moyen courrier.
- GMP à taux de dilution amélioré (type UHBR ou Open Rotor) optimisé pour la croisière.
- GMP supplémentaires fonctionnant à l'hydrogène/électricité pour les phases critiques (possibilité d'utiliser plusieurs petits moteurs, les « distributed Fans »).
- Amélioration des trajectoires de vols à l'aide du numérique (contrôle aérien globalisé + communication entre avions).
- Amélioration du taux de remplissage grâce à l'optimisation de la gestion de la demande et grâce à des innovations cabines.
- Amélioration de l'architecture avion (masse, aérodynamique plus laminaire).

Ces améliorations ne sont pas révolutionnaires, certaines ont déjà un niveau de maturité élevé et il reste 30 ans pour atteindre la maturité industrielle et diffuser le produit.

Pour aller plus loin sur les technologies, voir les rapports de l'IATA « Aircraft Technology Roadmap to 2050 » ou de l'ATAG « Waypoint 2050 »

Les Carburants durables jouent un rôle essentiel dans la décarbonation de l'aviation, surtout si l'on fait l'hypothèse prudente d'une absence de rupture technologique d'ici 2035-2050. En prenant le scénario d'une aviation française (intérieure + internationale) représentant 5% du budget CO2 en 2050, la part de carburant durables pourrait s'élever à 58% ce qui représenterait environ **3 millions de tonnes par an pour l'aviation**.



De nombreux axes d'amélioration (suite):

En 2014, la France avait déjà une capacité de production de biodiesel de 2,3 millions de tonnes par an.
Voici 4 raisons d'être optimistes:

- La filière en est encore a ses débuts et elle est en pleine croissance (verte!).
- L'amélioration des procédés et des rendements est en cours (Sustainable Aviation Fuel ou SAF de 2nde/3ième génération, Power to Liquid fuel).
- La baisse du prix des carburants durables vs hausse du prix du pétrole va rendre leur utilisation de plus en plus viable économiquement.
- L'électrification des secteurs aujourd'hui consommateurs de biocarburants qui permettra de réserver l'offre de biocarburants aux secteurs peu électrifiables (l'aviation longue distance).

A noter:

- L'accord CORSIA (de l'OACI) qui encadre l'implémentation des biocarburants pour l'aviation interdit toute production non durable qui favoriserait la déforestation ou l'utilisation de zones à haut stockage carbone.
- L'utilisation d'un carburant contenant plus de 50% de SAF n'est pas encore certifié aujourd'hui mais il n'existe pas de frein technique majeur pour une utilisation à 100% dans le futur.

Les offsets: en plus du carburant durable, qui peut être considéré comme un offset, il existe d'autres manières de compenser ses émissions. L'aviation est devenue incontournable de nos jours et bénéficie d'une forte demande structurelle. Cela lui permet de croître et de créer de la richesse, mais également de produire du CO2. Plutôt que de considérer la réduction des émissions comme mono-sectorielle (chaque secteur doit baisser ses émissions de X%, ce qui n'a pas beaucoup de sens dans une économie globalisée et inter-dépendante), **les offsets permettent d'utiliser les richesses créées par certains secteurs pour diminuer les émissions d'autres secteurs, moins générateurs de richesses et polluants.** Il existe beaucoup de critiques surtout liées à des abus par des entreprises peu scrupuleuses (greenwashing), mais également des critiques politiques de personnes qui veulent faire changer des comportement en occultant le bénéfice réel de l'offset.

Miser sur les points forts de la France pour être plus efficace

Pour 1000 avions MC livrés par Airbus, chaque tranche de 10% d'amélioration de consommation par rapport à l'A320CEO représente une économie de 38 millions de tonnes de CO2¹⁷ (Pour info, le trafic aérien intérieur France métropolitaine c'est 2,1 millions de tonnes en 2018).

Sachant que nous n'avons aucun moyen d'agir sur la croissance de l'aérien hors de France, **la manière la plus pragmatique et de loin la plus efficace de faire baisser les émissions mondiales de CO2 est bien d'investir dans la recherche pour une aviation durable plutôt que de viser une décroissance du secteur en France.**

¹⁷ Prenons l'exemple d'un avion moyen-courrier de type Airbus A320CEO dont la durée de vie serait de 50000 heures de vol. Actuellement, une consommation moyenne de 2400kg de kérosène par heure signifie que l'avion rejette 380000 tonnes de CO2 au cours de sa vie. Pour 10% d'amélioration de la consommation, l'avion « économise » 38000 tonnes de CO2. Donc pour 1000 avions livrés, chaque tranche de 10% d'amélioration de consommation par rapport à l'A320CEO représente une économie de 38 Millions de tonnes de CO2.

