

# À QUELLE FRÉQUENCE POUVONS-NOUS (ENCORE) PRENDRE L'AVION ?



**CALCUL D'UN NOMBRE DE VOYAGES AERIENS COMPATIBLES AVEC  
L'ACCORD DE PARIS**



*Auteurs : Charles Adrien LOUIS, Jean BÉNARD TAHMASSEB – Novembre 2023*

## Table des matières

|      |                                                                            |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| I.   | Introduction .....                                                         | 3  |
| II.  | Hypothèses.....                                                            | 4  |
|      | a. Budgets carbone mondiaux pour respecter l'Accord de Paris .....         | 4  |
|      | 1. Accord de Paris.....                                                    | 4  |
|      | 2. Scénarios du GIEC et budgets carbone .....                              | 4  |
|      | 3. Budgets carbone restants .....                                          | 5  |
|      | b. Empreinte carbone de l'aérien en 2019 .....                             | 5  |
|      | 1. Empreinte carbone de l'aérien mondial.....                              | 5  |
|      | 2. Émissions nationales de dioxyde de carbone pour l'aérien (France) ..... | 5  |
|      | 3. Empreinte carbone de l'aérien pour les Français-es .....                | 6  |
|      | c. Choix politiques pour l'aérien .....                                    | 7  |
|      | 1. L'aérien, secteur essentiel ? .....                                     | 7  |
|      | 2. Répartition du budget aérien selon le motif du vol .....                | 7  |
|      | 3. Répartition du budget aérien entre humains.....                         | 8  |
|      | d. Empreinte carbone d'un vol.....                                         | 9  |
|      | 1. Typologie de vols et focus long-courriers .....                         | 9  |
|      | 2. Augmentation de la part des long-courriers .....                        | 11 |
|      | 3. Le progrès technique.....                                               | 11 |
| III. | Calcul d'un nombre de voyages par personne .....                           | 12 |
|      | a. Nombre total de voyages d'ici 2050 .....                                | 12 |
|      | b. Nombre de voyages par période.....                                      | 13 |
|      | c. Focus sur un scénario spécifique .....                                  | 13 |
| IV.  | Conclusion .....                                                           | 14 |
| V.   | Sources.....                                                               | 15 |

## I. Introduction

L'activité humaine contemporaine émet dans l'atmosphère des gaz à effet de serre en telle quantité que le climat en est modifié. L'humanité doit - nous devons - réduire drastiquement les émissions dès à présent afin de maintenir des conditions favorables à la vie sur Terre.

La dépendance de toute notre économie aux énergies fossiles est la principale cause de ces émissions. Pour réaliser des actes aussi fondamentaux que manger, se loger, se vêtir, se déplacer, nous brûlons généralement des combustibles fossiles.

Se déplacer en avion est aujourd'hui un moyen très efficace de rejoindre le lointain : ce mode de transport permet un élargissement des horizons.

C'est en revanche aussi une des manières les plus efficaces d'émettre une quantité importante de gaz à effet de serre dans un temps court<sup>1</sup>. L'usage de l'avion de manière régulière est par ailleurs réservé à une faible part de la population mondiale. Même au sein d'un pays occidental comme la France, la « démocratisation » annoncée n'a pas vraiment eu lieu<sup>2</sup>. C'est enfin un secteur en très forte croissance (+ 5 % passagers.km par an depuis 1995 selon l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale – ICAO<sup>3</sup>) qui envisage de croître encore davantage (+ 3,6 % par an jusqu'en 2050, toujours selon l'ICAO<sup>4</sup>).

Il est donc légitime d'interroger la place de l'aérien dans le monde bas-carbone dans lequel nous nous projetons.

Pour éclairer les décisions collectives, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) propose différents scénarios socio-économiques, qu'il traduit en trajectoires de réchauffement et en budgets carbone mondiaux.

Dans ce cadre, Greenpeace France a sollicité le cabinet BL évolution pour répondre à la question désormais médiatisée : « à quelle fréquence pouvons-nous (encore) prendre l'avion ? » Précisons qu'il ne s'agit aucunement d'une proposition politique, mais d'un calcul théorique sur le volume de vols long-courriers disponible d'ici 2050 pour respecter l'Accord de Paris.

---

<sup>1</sup> Un voyage long-courrier, par exemple un Paris New York aller-retour émet par passager, sans compter le forçage radiatif des traînées de condensation, l'équivalent d'une tonne de CO<sub>2</sub> (DGAC, calculateur d'émissions de GES de l'aviation civile) en quelques heures. Pour un aller-retour à Bali, c'est environ deux tonnes par passager.

<sup>2</sup> DÉMOLI, SUBTIL, "Boarding classes. Mesurer la démocratisation du transport aérien en France (1974-2008)", *Sociologie*, 2019/2 (Vol. 10), p. 131-151.

<sup>3</sup> Pris sur le site internet de l'ICAO le 08/11/2023 [Faits et chiffres](#)

<sup>4</sup> ICAO, *Traffic Forecasts Revenue Passenger-Kilometres (RPK) Forecasts Scenarios*, 2021

## II. Hypothèses

### a. Budgets carbone mondiaux pour respecter l'Accord de Paris

#### 1. Accord de Paris

L'Accord de Paris est un traité international adopté le 12 décembre 2015 par 196 Parties à Paris lors de la COP 21 (Conférence des Nations unies sur les changements climatiques). Son objectif principal est de maintenir « l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2°C au-dessus des niveaux préindustriels » et de poursuivre les efforts « pour limiter l'augmentation de la température à 1,5°C au-dessus des niveaux préindustriels ».

#### 2. Scénarios du GIEC et budgets carbone

Le GIEC est un organisme intergouvernemental chargé d'évaluer l'ampleur, les causes et les conséquences du changement climatique en cours. Créé en 1988 sous l'égide des Nations Unies, il regroupe 195 États. Il produit régulièrement des rapports synthétisant la connaissance scientifique autour de la question climatique et indiquant la trajectoire climatique mondiale. La synthèse du sixième rapport a été publiée en mars 2023.

Dans ce sixième rapport, cinq scénarios climatiques sont proposés, afin de mieux appréhender les futurs possibles en termes de dérive climatique. Seuls les deux premiers sont compatibles avec l'Accord de Paris.

- SSP1-1.9 : avec une probabilité supérieure à 50 % d'un réchauffement limité à 1,5 °C d'ici la fin du siècle (avec un dépassement limité à 1,6 °C vers 2050)
- SSP1-2.6 : avec une probabilité supérieure à 67 % d'un réchauffement limité à 2 °C d'ici la fin du siècle

Ces scénarios donnent chacun un « budget » de dioxyde de carbone que l'humanité peut « dépenser » dans les années à venir afin de rester sous une certaine température (avec une probabilité donnée).

- SSP1-1.9 : 500 Gt CO<sub>2</sub> au 1<sup>er</sup> janvier 2020
- SSP1-2.6 : 1150 Gt CO<sub>2</sub> au 1<sup>er</sup> janvier 2020

Il est important de noter que ces budgets ne concernent que le dioxyde de carbone : les autres gaz à effet de serre (notamment le méthane et le protoxyde d'azote) ne sont pas pris en compte dans ces budgets. De même, les effets des traînées de condensation ne sont pas comptabilisés. Une étude publiée en 2021<sup>5</sup> montre que, pour obtenir la contribution réelle du secteur aérien au réchauffement climatique, il faudrait multiplier par un facteur trois les seules émissions de CO<sub>2</sub>.

**Nous prenons le parti ici de mener une étude selon des hypothèses très conservatrices, ce qui a pour effet de maximiser le nombre de vols restants.** Pour cela, seules les émissions de CO<sub>2</sub> sont prises en compte. Nous utilisons donc les unités « CO<sub>2</sub> » et non « CO<sub>2</sub> équivalent », en ignorant en particulier les impacts des traînées de condensation. Ces budgets ne prennent pas non plus en compte les boucles de rétroaction positives qui créeraient un emballement du système climatique (telles que la fonte du permafrost). Nous posons une nouvelle hypothèse conservatrice en partant des budgets explicités dans le sixième rapport du GIEC.

---

<sup>5</sup> LEE & all, "The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018", *Atmospheric Environment*, Volume 244, 2021.

### 3. Budgets carbone restants

L'étude que nous menons réalise une prospective à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2023. Trois années se sont déjà écoulées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020, au cours desquelles l'humanité a émis environ 122 Gt CO<sub>2</sub>, soit plus de 40 milliards de tonnes de dioxyde de carbone par an, que nous déduisons du budget correspondant au scénario retenu.

- SSP1-1.9 : 378 Gt CO<sub>2</sub> restant au 1<sup>er</sup> janvier 2023
- SSP1-2.6 : 1028 Gt CO<sub>2</sub> restant au 1<sup>er</sup> janvier 2023

Ces hypothèses sont plus conservatrices que les estimations les plus récentes<sup>6</sup> qui annoncent des budgets restants plus faibles (de l'ordre de respectivement 250 Gt CO<sub>2</sub> et 950 Gt CO<sub>2</sub>).

## b. Empreinte carbone de l'aérien en 2019

Une fois le budget mondial défini, se pose la question de la part qu'y prend le secteur aérien. La première question est de déterminer quelle est la part actuelle de ce secteur dans les émissions mondiales.

### 1. Empreinte carbone de l'aérien mondial

Au niveau mondial, l'ICAO (Organisation de l'Aviation Civile Internationale, rattachée à l'ONU) déclare 854 Mt CO<sub>2</sub> en 2019 (785 Mt CO<sub>2</sub> de transport passager, auxquels on ajoute 69 Mt CO<sub>2</sub> de fret en soute sur les vols avec passagers). Ne sont pris en compte ni les traînées de condensation, ni les autres gaz à effet de serre, ni les émissions amont (pour la production et la distribution du kérosène, qui rajouteraient environ 20%), ni l'aviation non commerciale (vols privés ou avions militaires par exemple). Le fret aérien dans les soutes est pris en compte. Le fret aérien par vol spécial n'est en revanche pas pris en compte. La fabrication des avions, l'aménagement des infrastructures aéroportuaires... non plus.

Finalement, seule la combustion de kérosène liée aux vols commerciaux pour passagers est prise en compte. Retenons donc cette valeur de 854 Mt CO<sub>2</sub>, soit 2,05 % des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales en 2019 (41,6 Gt CO<sub>2</sub>)

### 2. Émissions nationales de dioxyde de carbone pour l'aérien (France)

L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre de la France fait état de 4,8 Mt CO<sub>2</sub> pour les émissions liées au transport aérien. Mais il ne s'agit là que des vols intérieurs, Outre-mer compris.

On voit ici que le secteur de l'aviation profite d'un vide en matière de comptabilité carbone étant donné que les émissions liées aux vols internationaux sont difficilement imputables à un pays unique (doit-on considérer le pays de départ, celui d'arrivée, celui qui est survolé, celui de la compagnie ou celui des passagers ?).

Pour résoudre cette difficulté et estimer les émissions de CO<sub>2</sub> liées au territoire la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) utilise la convention ½ croisière : la moitié des émissions est affectée au pays de départ, l'autre moitié au pays d'arrivée.

On obtient alors 23,4 Mt CO<sub>2</sub> pour la France en 2019. (Hors amont, hors autres gaz à effet de serre, hors traînées de condensation, fret et poste pris en compte)<sup>7</sup>.

La DGAC a enregistré 179,56 millions de passagers en 2019. Nous pouvons ainsi déterminer l'empreinte carbone par passager pour un vol, en divisant les émissions de la France par le nombre de passagers puis en multipliant par deux (convention croisière complète) : 261 kg CO<sub>2</sub>/passager/vol.

---

<sup>6</sup> FORSTER & all, "Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence", *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 2295–2327.

<sup>7</sup> Voir étude « Pouvons-nous (encore) prendre l'avion » BL évolution, 2020 pour plus de détails sur les hypothèses possibles autour de ce résultat

### 3. Empreinte carbone de l'aérien pour les Français-es

Néanmoins, l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre soulève quelques limites d'usages, notamment car il se présente sous une approche de production et non de consommation. Il est ainsi fréquent d'utiliser également l'empreinte carbone pour avoir un autre éclairage sur les émissions d'un territoire ou d'un individu. À titre d'illustration, selon la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), l'empreinte carbone de la France s'établissait en 2019 à 618 Mt CO<sub>2</sub>e quand les émissions nationales n'étaient, elles, « que » de 436 Mt CO<sub>2</sub>e (soit un facteur 1,4 entre les deux).

Dans une approche empreinte carbone, l'ensemble des passagers.km réalisés par des individus de la nationalité étudiée est à prendre en compte. Cela représente à la fois les vols au départ ou à destination d'aéroports français mais également les vols au départ et à destination d'autres aéroports, effectués par les personnes de nationalité française. Ainsi, cette approche permet de définir fidèlement la responsabilité des personnes d'une nationalité donnée. Cependant, les données sont difficiles à obtenir et dans la suite de l'étude nous allons faire l'approximation que l'empreinte carbone aviation des Français-es correspond à la part des personnes de nationalité française dans les vols internationaux au départ ou à destination de la France additionnée de l'intégralité des vols nationaux. Cette part est stable à 59 % sur la période 2010 - 2016, d'après les enquêtes nationales auprès des passagers aériens réalisées par la DGAC, et arrêtées depuis. Nous supposons ainsi que la part des personnes de nationalité étrangère dans les vols nationaux compense les vols de Français-es n'ayant ni pour point de départ, ni pour point d'arrivée un aéroport français.

Cette méthode sous-évalue certainement la part réelle des Français-es car il est probable qu'il y ait plus de Français-es qui volent hors de France que de personnes de nationalité étrangère qui volent en France. D'une part, parce qu'il y a plus de Français-es qui partent que de personnes étrangères qui arrivent et d'autre part, les distances que peut faire une personne étrangère en France sont beaucoup plus faibles que celles que peut faire un-e Français-e à l'étranger, aux États-Unis par exemple.

| Millions de tonnes CO <sub>2</sub> | 2000        | 2010        | 2015        | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Intérieur métropole                | 2,9         | 2,1         | 2,0         | 2,0         | 2,1         | 2,1         | 2,1         |
| Métropole/OM et OM/OM              | 2,6         | 2,2         | 2,3         | 2,4         | 2,5         | 2,7         | 2,7         |
| International MC                   | 4,5         | 5,5         | 5,9         | 6,1         | 6,3         | 6,5         | 6,7         |
| International LC                   | 8,7         | 10,2        | 11,2        | 10,9        | 11,1        | 11,5        | 11,8        |
| <b>Total France</b>                | <b>18,8</b> | <b>20,0</b> | <b>21,4</b> | <b>21,4</b> | <b>21,9</b> | <b>22,8</b> | <b>23,4</b> |

*Calcul DGAC/TARMAAC – Emission Transport commercial*

Les données du tableau ci-dessus étant en convention demi-croisière pour les vols internationaux (« international MC » et « international LC »), il convient de les multiplier par deux pour avoir les résultats en croisière complète, puis à multiplier par 59 % (part des Français-es dans ces vols). On y ajoute les vols intérieurs.

Nous obtenons **pour les Français-es une empreinte carbone de l'aérien de 26,6 Mt CO<sub>2</sub> en 2019**, soit 0,06 % des émissions CO<sub>2</sub> mondiales en 2019. C'est le chiffre que nous utiliserons par la suite.

Nous savons désormais quelle part l'aérien occupe dans nos empreintes françaises et mondiales actuelles. Mais nous devons encore déterminer quelle part il occupera demain.

## c. Choix politiques pour l'aérien

### 1. L'aérien, secteur essentiel ?

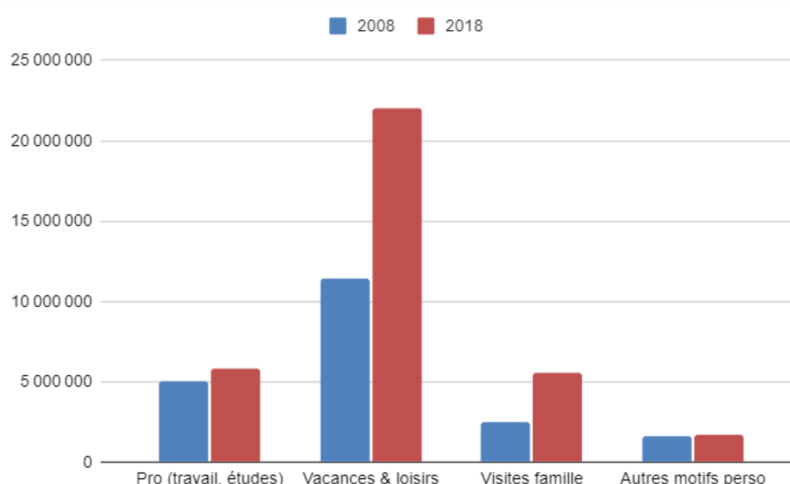
Cette hypothèse représente un choix politique : comment souhaitons-nous faire évoluer la part de l'aérien dans les prochains budgets carbone annuels ? Au moins trois choix sont envisageables :

- L'aviation est un secteur essentiel. Sa part actuelle est doublée dans les budgets futurs.
- L'aviation est un secteur comme les autres. Sa part actuelle est maintenue dans les budgets futurs.
- L'aviation est un secteur secondaire. Sa part actuelle est réduite de moitié dans les budgets futurs.

Dans le reste de l'étude, c'est l'option intermédiaire (« secteur comme les autres ») qui est retenue. Mais à qui attribuons-nous ce budget carbone aérien ?

### 2. Répartition du budget aérien selon le motif du vol

Les déplacements en avion sont réalisés principalement pour 3 motifs : retrouvailles familiales, trajets professionnels, et voyages de loisir. En 2018, les 2/3 des voyages en avion sont réalisés pour le loisir, tandis que le tiers restant se répartit à peu près équitablement entre vols professionnels et vols familiaux.



Nombre de voyages en avion réalisés par motif de vol. Source : EMP 2018 et Yoann Demoli<sup>8</sup>

Au moins deux choix théoriques sont envisageables :

- Pas de politique particulière pour les vols familiaux
- Sanctuarisation jusqu'en 2050 du budget 2019 pour les vols familiaux, considérés comme essentiels.

La sanctuarisation telle que définie bloquerait 115 Mt CO<sub>2</sub> du budget carbone aérien français.

- Le scénario SSP1-1.9 donne 148 Mt CO<sub>2</sub> pour l'aérien français. La sanctuarisation fige donc 78 % du budget, ne laissant que 33 Mt CO<sub>2</sub> pour les autres vols, soit à peine un vol long-courrier par Français-e d'ici 2050.
- Le scénario SSP1-2.6 donne 403 Mt CO<sub>2</sub> pour l'aérien français. La sanctuarisation fige donc 29 % du budget

Dans le reste de l'étude, c'est l'option « pas de politique particulière » qui est retenue.

<sup>8</sup> Cette répartition a été obtenue à partir des données de la grande Enquête sur la Mobilité des Personnes, réalisée en 2018 sur 20 000 personnes par le Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, et le traitement statistique réalisé par le sociologue Yoann Demoli.

### 3. Répartition du budget aérien entre humains

Par hypothèse, nous considérons les émissions de 2023<sup>9</sup> égales à celles de 2019 (les années 2020, 2021 et 2022 ont vu le secteur aérien particulièrement perturbé par l'épidémie de COVID-19). Ce qui donne :

- La population de nationalité française est de 65 millions au 1<sup>er</sup> janvier 2023<sup>10</sup>, pour une empreinte aérienne des Français-es de 26,6 Mt CO<sub>2</sub> (cf. supra). Soit une empreinte aérienne par an et par Français-e de 410 kg CO<sub>2</sub>.
- La population mondiale est de 8,04 milliards au 1<sup>er</sup> janvier 2023 selon l'ONU<sup>11</sup>, pour une empreinte aérienne mondiale de 854 Mt CO<sub>2</sub> (cf. supra). Soit une empreinte carbone aérienne par an et par être humain de 107 kg CO<sub>2</sub>.

L'empreinte carbone aérienne moyenne d'un-e Français-e est donc aujourd'hui 3,84 fois supérieure à celle d'un être humain moyen. L'aviation est bien sûr aujourd'hui utilisée de manière inégalitaire dans le monde. Au sein même de la population française, certaines franges de la population voyagent très fréquemment quand d'autres (environ 40% selon l'industrie aéronautique<sup>12</sup>) ne sont jamais montées dans un avion.

Dans un contexte où la consommation de carbone deviendra de plus en plus rare, la question d'une juste répartition entre humains des (petits) budgets restants se posera de manière pressante.

Les évolutions démographiques font estimer la population résidant en France à 69 millions au 1<sup>er</sup> janvier 2050 (INSEE), soit 1 million supplémentaire. Nous supposons que la population de nationalité française suit la même progression. Les études démographiques prédisent une population mondiale à 10 milliards au 1<sup>er</sup> janvier 2050 (ONU). Nous considérerons dans la suite de l'étude une population de nationalité française moyenne à 65,5 millions et une population mondiale moyenne à 9 milliards.

Notre étude propose trois choix :

- Maintien de la part inégalitaire des Français-es, mais répartition égalitaire entre les Français-es (option inégalitaire)
- Répartition égalitaire entre tous les êtres humains (option égalitaire)
- Convergence progressive de l'option inégalitaire vers l'option égalitaire

La trajectoire de convergence progressive vers l'égalité aérienne mondiale a été modélisée ainsi : dans l'option inégalitaire est rajouté chaque année un taux de réduction supplémentaire du budget aérien des Français-es tel que le ratio constaté de 3,84 en 2023 (cf supra) atteigne la valeur 1 au 1<sup>er</sup> janvier 2050. Si nous avions choisi un taux fixe, ce taux aurait été de - 5,1 % (appliqué 26 fois, on obtient la valeur attendue). Cependant, pour des raisons de crédibilité, ce taux a été choisi variable : d'abord très faible, puis de plus en plus élevé. Progressif, sa valeur augmente de 0,37 point chaque année. Il vaut - 0,37 % pour l'année 2024, - 0,74 % pour 2025... jusqu'à - 9,6 % en 2049.

---

<sup>9</sup> En septembre 2023, selon la DGAC, le taux de reprise du trafic aérien en France était de plus de 97 % pour le mois de septembre, et de 93 % pour le cumul depuis le début de l'année.

<sup>10</sup> [INSEE, estimations de population, 10/07/2023](#) : 67,8 millions de résidents sur le territoire français, auxquels on retranche 5,3 millions d'étrangers vivant sur le territoire, et auxquels on ajoute 2,5 millions de Français vivant à l'étranger ([France Diplomatie](#)).

<sup>11</sup> World Population Prospects, Nations Unies. 2022

<sup>12</sup> C'est le chiffre présenté par le Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales, dans un document de communication intitulé « Stop aux idées reçues sur le transport aérien ! »

En prenant l'hypothèse « l'aviation est un secteur comme les autres », nous obtenons ainsi par personne, pour l'aérien, du 1<sup>er</sup> janvier 2023 au 1<sup>er</sup> janvier 2050, les budgets carbone suivants :

|                   | Part française répartie équitablement entre les Français-es (t CO <sub>2</sub> par Français-e) | Convergence progressive de l'option inégalitaire vers l'option égalitaire (t CO <sub>2</sub> par Français-e) <sup>13</sup> | Part mondiale répartie équitablement entre les êtres humains (t CO <sub>2</sub> par être humain) |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scénario SSP1-1.9 | 3,7                                                                                            | 3,2                                                                                                                        | 0,9                                                                                              |
| Scénario SSP2-2.6 | 10                                                                                             | 7                                                                                                                          | 2,3                                                                                              |

Ces quelques tonnes de CO<sub>2</sub> par personne peuvent désormais être converties en nombre de vols par personne. Cependant, parler d'empreinte carbone pour les vols aériens en général n'a pas beaucoup de sens, tant leur empreinte peut varier. Nous allons donc faire un détour par une catégorie de vols en particulier : les long-courriers.

## d. Empreinte carbone d'un vol

### 1. Typologie de vols et focus long-courriers

Certains vols sont bien plus impactants que d'autres. Les vols « court-courriers » émettent certes plus de carbone par kilomètre... mais ils parcourent beaucoup moins de kilomètres que leurs collègues « long-courriers ». Par exemple, d'après le calculateur mis en ligne par la DGAC, un Paris-Tokyo émet neuf fois plus qu'un Paris-Nice. Le touriste visitant le Japon a certes parcouru quatorze fois plus de kilomètres que celui séjournant en Côte d'Azur – avec donc une meilleure « intensité carbone » du kilomètre – il n'en a pas moins émis beaucoup plus de CO<sub>2</sub> en absolu.

Pour la suite de cette étude, nous allons nous attacher à séparer les vols long-courriers des autres vols. Nous reprenons la définition donnée par la DGAC : un vol d'une durée supérieure à 4h30. En pratique, à partir de la Métropole, il s'agit principalement des vols hors Europe et hors bassin méditerranéen.

Nous n'avons pas réussi à trouver suffisamment de données consolidées sur les vols long-courriers. Nous avons donc utilisé le document [Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2019](#) produit par la DGAC. Ce dernier donne, pour chacun des aéroports de France métropolitaine ayant un trafic 2019 supérieur à 1,5 million de passager-es ou 50 000 mouvements, les données suivantes :

- Émissions de CO<sub>2</sub>, convention ½ croisière
- % d'émissions de CO<sub>2</sub> réalisées par des long-courriers, convention ½ croisière
- Nombre de passager-es
- % de passagers-équivalents en vol long-courrier

(L'unité passagers équivalent prend en compte le fret en soute, avec l'équivalence 100 kg de fret = 1 passager-e).

À défaut d'avoir directement le pourcentage de passagers en vol long-courrier, nous posons ici une hypothèse : le pourcentage de passagers-équivalent en vol long-courrier est égal au pourcentage de passagers en vol long-courrier.

<sup>13</sup> Une convergence linéaire aurait donné des budgets carbone plus restreints : 2,7 t CO<sub>2</sub> par Français-es pour le scénario SSP1-1.9 et 5,6 t CO<sub>2</sub> par Français-es pour le scénario SSP2-2.6.

|                                                                         | CDG    | Orly   | NCA   | Lyon  | Marseille | Toulouse | Bâle  | Bordeaux | Nantes | Beauvais | Lille | Montpellier |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|-------|-----------|----------|-------|----------|--------|----------|-------|-------------|
| Émissions CO <sub>2</sub> convention 1/2 croisière (MTCO <sub>2</sub> ) | 13,622 | 2,787  | 0,848 | 0,678 | 0,562     | 0,477    | 0,49  | 0,342    | 0,357  | 0,202    | 0,123 | 0,088       |
| %émissions CO <sub>2</sub> long courrier convention 1/2 croisière       | 79,1%  | 51,9%  | 19,1% | 14,8% | 11,6%     | 3,3%     | 4,5%  | 2,6%     | 3,0%   | 0,0%     | 0,5%  | 0,2%        |
| Nombre de pax (millions)                                                | 76,2   | 31,9   | 14,5  | 11,8  | 10,2      | 9,70     | 9,10  | 7,70     | 7,30   | 4,00     | 2,20  | 1,90        |
| % pax LC                                                                | 43,9 % | 18,4 % | 4,0 % | 3,8 % | 2,0 %     | 0,5 %    | 1,3 % | 0,6 %    | 0,8 %  | 0,0 %    | 0,0 % | 0,0 %       |

Source : Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2019

Nous pouvons donc calculer :

- Les émissions de CO<sub>2</sub> long-courriers pour les aéroports métropolitains, convention ½ croisière : 12,61 Mt CO<sub>2</sub>
- Les émissions de CO<sub>2</sub> pour les aéroports métropolitains, convention ½ croisière : 20,6 Mt CO<sub>2</sub>
- Le nombre de passager-es long-courriers pour les aéroports métropolitains : 40,8 millions

Ce qui nous donne les deux résultats suivants :

- En convention croisière complète, l'empreinte carbone par passager sur un vol long-courrier est de 618 kg CO<sub>2</sub> en moyenne (émissions de CO<sub>2</sub> long-courrier convention ½ croisière divisées par nombre de passagers, multiplié par 2)
- Les vols long-courriers représentent 61 % des émissions de CO<sub>2</sub> pour les aéroports métropolitains.

Si on reprend un tableau précédent, toujours en prenant l'hypothèse « l'aviation est un secteur comme les autres », les budgets carbone pour les long-courriers représentent 61 % des budgets carbone précédemment obtenus (en partant du principe que le ratio obtenu en France reste valable au niveau mondial). Nous obtenons ainsi les budgets carbone au 1<sup>er</sup> janvier 2023 par personne pour les long-courriers suivants :

|                                   | Part française répartie équitablement entre les Français-es (t CO <sub>2</sub> par Français-e) | Convergence progressive de l'option inégalitaire vers l'option égalitaire (t CO <sub>2</sub> par Français-e) | Part mondiale répartie équitablement entre tous les êtres humains (t CO <sub>2</sub> par être humain) |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scénario SSP1-1.9, long-courriers | 2,3                                                                                            | 1,9                                                                                                          | 0,5                                                                                                   |
| Scénario SSP2-2.6, long-courriers | 6,2                                                                                            | 4,3                                                                                                          | 1,4                                                                                                   |

## 2. Augmentation de la part des long-courriers

On peut légitimement considérer que cette part de 61 % des émissions aériennes réalisée par des long-courriers est amenée à augmenter dans les années à venir : pour des raisons sociétales, puisque les court-courriers pourront de plus en plus souvent être remplacés par le train. Mais aussi pour des raisons techniques, car les innovations amenant de la décarbonation sont plus facilement implémentables sur les avions court-courriers.

Nous construisons un deuxième sous-scénario pour les long-courriers : nous prenons l'hypothèse que 90 % des émissions aériennes en 2050 sont réalisées par des long-courriers. Le budget consacré aux long-courriers peut donc augmenter de 1,5 % chaque année. Cette hypothèse, comme les hypothèses conservatrices du début, a pour conséquence d'allouer un budget carbone plus important pour les vols long-courriers

Nous obtenons ainsi les budgets carbone au 1<sup>er</sup> janvier 2023 par personne pour les long-courriers suivants :

|                                                   | Part française répartie équitablement entre les Français-es (t CO <sub>2</sub> par Français-e) | Convergence progressive de l'option inégalitaire vers l'option égalitaire (t CO <sub>2</sub> par Français-e) | Part mondiale répartie équitablement entre tous les êtres humains (t CO <sub>2</sub> par être humain) |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scénario SSP1-1.9, croissance part long-courriers | 2,5                                                                                            | 2,1                                                                                                          | 0,6                                                                                                   |
| Scénario SSP2-2.6, croissance part long-courriers | 7,5                                                                                            | 5                                                                                                            | 1,7                                                                                                   |

Nous savons désormais, en fonction des différents scénarios choisis et du type de vol (tous vols/uniquement long-courriers) combien chaque personne peut dépenser de CO<sub>2</sub> pour l'aérien. Une dernière chose reste à prendre en compte pour convertir ces budgets en nombre de vols : le progrès technique.

## 3. Le progrès technique

Le secteur aérien améliore son efficacité progressivement et diminue ainsi l'empreinte carbone par passager. Pour cela, plusieurs solutions sont utilisées : un meilleur taux de remplissage, des avions pouvant emporter plus de passagers, une meilleure efficacité énergétique, une utilisation accrue des agro carburants voire un changement de carburants....

L'ADEME (Agence de la Transition Écologique), dans son élaboration de scénarios de transition écologique du secteur aérien<sup>14</sup>, estime dans son scénario « rupture technologique » un gain de 10 % en 15 ans via des opérations pleinement optimisées et la mise sur le marché, avec un rythme de renouvellement de la flotte de 20 ans, d'avions disposant d'une efficacité énergétique accrue de 30 % dès 2035. Ceci correspond à un gain de 1 % par an jusqu'en 2035 puis de 1,5 % par an ensuite de l'efficacité énergétique des vols commerciaux. À cela pourrait s'ajouter le remplacement progressif par des bio-carburants ou électro-carburants<sup>15</sup>, qui, dans le cas du scénario « rupture technologique » représente un gain supplémentaire de 2 % par an (en réalité moins sur les 15 premières années et plus important ensuite en supposant des ruptures technologiques importantes).

Nous prenons donc l'hypothèse très ambitieuse d'un gain lié au progrès technique et aux remplacements de carburants de 3% par an.

<sup>14</sup> ADEME, "Transport aérien : 3 scénarios pour une transition écologique", septembre 2022.

<sup>15</sup> Rappelons que ces carburants alternatifs posent de sérieux conflits d'usages vis-à-vis d'autres secteurs, que cela soit pour l'accès à la biomasse (pour les biocarburants de deuxième génération) ou à l'énergie (pour les électro-carburants).

### III. Calcul d'un nombre de voyages par personne

Convertissons désormais ces budgets carbone en nombre de vols jusqu'en 2050, date à laquelle nous visons un objectif « net zéro ». Rappelons ici que l'étude ne porte pas sur ce qui se passe après 2050.

Le budget carbone est dépensé de la manière suivante : il diminue d'un pourcentage fixe chaque année, à partir d'un budget de référence pour l'année 2023 (considéré par hypothèse égal à celui de 2019, année pré-COVID-19) :

- SSP1-1.9 : - 10,4 % par an
- SSP1-2.6 : - 0,7 % par an

De la sorte, tout le budget aérien est consommé en 2050. On obtient ainsi un nombre de vols disponibles annuellement jusqu'en 2050, que nous présentons sous deux formes différentes.

#### a. Nombre total de voyages d'ici 2050

On peut présenter les résultats sous la forme d'un nombre de vols par personne du 1<sup>er</sup> janvier 2023 jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2050. Ce résultat est plus parlant, mais n'illustre pas la notion de baisse progressive :

| Nombre de voyages possibles par Français-e entre 2023 et 2050                                             |                                                                                   |                                                                                                 |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Part française répartie équitablement entre les Français-es (vols par Français-e) | Convergence progressive de l'option inégalitaire vers l'option égalitaire (vols par Français-e) | Part mondiale répartie équitablement entre les êtres humains (vols par humain) |
| Scénario SSP1-1.9, long-courriers                                                                         | 4,6 vols long-courriers soit 2,3 ARLC                                             | 3,8 vols long-courriers soit 1,9 ARLC                                                           | 1,2 vol long-courrier soit 0,6 ARLC                                            |
| Scénario SSP2-2.6, long-courriers                                                                         | 15 vols long-courriers soit 7,5 ARLC                                              | 10 vols long-courriers soit 5 ARLC                                                              | 3,5 vols long-courriers soit 1,8 ARLC                                          |
| Scénario SSP1-1.9, croissance part long-courriers                                                         | 5 vols long-courriers soit 2,5 ARLC                                               | Légèrement plus de 4 vols long-courriers soit 2 ARLC                                            | 1,1 vol long-courrier soit 0,5 ARLC                                            |
| Scénario SSP2-2.6, croissance part long-courriers                                                         | 19 vols long-courriers soit 9,5 ARLC                                              | 11 vols long-courriers soit 5,5 ARLC                                                            | 4,4 vols long-courriers soit 2,2 ARLC                                          |
| Scénario SSP1-1.9, tous vols                                                                              | 18 vols soit 9 AR                                                                 | 15 vols soit 7,5 AR                                                                             | 4 vols soit 2 AR                                                               |
| Scénario SSP2-2.6, tous vols                                                                              | 58 vols soit 29 AR                                                                | 37 vols soit 18,5 AR                                                                            | 12 vols soit 6 AR                                                              |
| « ARLC » : Aller-retour long courrier « AR » : Aller-retour tous vols confondus                           |                                                                                   |                                                                                                 |                                                                                |
| Scénario SSP1-1.9 : scénario permettant de limiter l'augmentation des températures au plus près des 1,5°C |                                                                                   |                                                                                                 |                                                                                |
| Scénario SSP2-2.6 : scénario permettant de limiter l'augmentation des températures sous les 2°C           |                                                                                   |                                                                                                 |                                                                                |

Un vol correspond à un aller simple. Les valeurs peuvent légèrement différer du tableau suivant pour des raisons d'arrondi.

### b. Nombre de voyages par période

Dans ce tableau, nous regroupons les années par tranches, afin d'obtenir des chiffres ronds, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2023. Ce mode de présentation des résultats a le mérite d'illustrer la diminution progressive du nombre de passager-es chaque année et donc de la fréquence des vols.

| <b>Nombre de voyages possibles par Français·e entre 2023 et 2050 en prenant en compte la baisse progressive du trafic aérien</b> |                                                                                 |                                                                                               |                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | Part française répartie équitablement entre les Français-es (AR par Français-e) | Convergence progressive de l'option inégalitaire vers l'option égalitaire (AR par Français-e) | Part mondiale répartie équitablement entre les êtres humains (AR par être humain) |
| Scénario SSP1-1.9, long-courriers                                                                                                | 1 ARLC jusqu'en 2029, puis presque 1,5 ARLC jusqu'en 2050                       | 1 ARLC jusqu'en 2029 puis 1 ARLC jusqu'en 2050                                                | 0,5 ARLC jusqu'en 2050                                                            |
| Scénario SSP2-2.6, long-courriers                                                                                                | 2 ARLC jusqu'en 2033, puis 5 ARLC jusqu'en 2050                                 | 2 ARLC jusqu'en 2033, puis 2,5 ARLC jusqu'en 2050                                             | 1 ARLC jusqu'en 2042, puis moins d'1 ARLC jusqu'en 2050                           |
| Scénario SSP1-1.9, croissance part long-courriers                                                                                | 1 ARLC jusqu'en 2029, puis 1,5 ARLC jusqu'en 2050                               | 1 ARLC jusqu'en 2029 puis légèrement plus d'1 ARLC jusqu'en 2050                              | Un peu plus de 0,5 ARLC jusqu'en 2050                                             |
| Scénario SSP2-2.6, croissance part long-courriers                                                                                | 2 ARLC jusqu'en 2032, puis 7,5 ARLC jusqu'en 2050                               | 2 ARLC jusqu'en 2032 puis 3,5 ARLC jusqu'en 2050                                              | 1 ARLC jusqu'en 2040, puis 1 ARLC jusqu'en 2050                                   |
| Scénario SSP1-1.9, tous vols                                                                                                     | 5 AR jusqu'en 2030, puis 4 jusqu'en 2050                                        | 4 AR jusqu'en 2030, puis 3,5 jusqu'en 2050                                                    | 1 AR jusqu'en 2030, puis 1 AR jusqu'en 2050                                       |
| Scénario SSP2-2.6, tous vols                                                                                                     | 10 AR jusqu'en 2034, puis 19 AR jusqu'en 2050                                   | 9 AR jusqu'en 2034, puis 9,5 AR jusqu'en 2050                                                 | 2 AR jusqu'en 2034, puis 4 AR jusqu'en 2050                                       |
| « ARLC » : Aller-retour long courrier « AR » : Aller-retour tous vols confondus                                                  |                                                                                 |                                                                                               |                                                                                   |
| Scénario SSP1-1.9 : scénario permettant de limiter l'augmentation des températures au plus près des 1,5° C                       |                                                                                 |                                                                                               |                                                                                   |
| Scénario SSP2-2.6 : scénario permettant de limiter l'augmentation des températures sous les 2° C                                 |                                                                                 |                                                                                               |                                                                                   |

Note : toutes les années sont comptées au 1<sup>er</sup> janvier (« jusqu'en 2030 » signifie « jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2030 »)

### c. Focus sur un scénario spécifique

La case en bleu dans les deux tableaux précédents correspond à un scénario permettant de maintenir une évolution des températures limitée à 1,5 °C en visant une convergence progressive de l’empreinte des Français-es vers l’empreinte mondiale, dans le cas d’une croissance progressive de la part des long-courriers dans les émissions du secteur aérien.

Dans ce scénario, il serait possible pour chaque Français-e de réaliser deux voyages long-courriers entre 2023 et 2050. Dans une optique de diminution progressive du trafic, cela représente 1,02 AR long-courrier par Français-e du 1<sup>er</sup> janvier 2023 au 1<sup>er</sup> janvier 2029. Puis 0,98 AR long-courrier par Français-e du 1<sup>er</sup> janvier 2029 au 1<sup>er</sup> janvier 2043 – soit exactement 2 AR long-courriers entre 2023 et 2043. Puis 0,12 AR long-courrier par Français-e jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2050.

## IV. Conclusion

La transition vers un monde bas carbone exige une réduction significative de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre, y compris celles du trafic aérien. En se plaçant sur une trajectoire compatible avec l'objectif de limiter à 1,5 °C le réchauffement climatique par rapport à la période préindustrielle, en faisant converger peu à peu l'empreinte aérienne moyenne d'une personne de nationalité française vers l'empreinte aérienne moyenne d'un être humain, et en augmentant peu à peu la part des long-courriers dans le budget aérien global, cela donne comme perspective que **les Français-es pourraient réaliser un unique aller-retour long-courrier chacun entre 2023 et 2029**. Le budget restant après 2029 offrirait **un autre aller-retour long-courrier par Français-e jusqu'en 2043**, soit deux voyages dans les 20 prochaines années puis un résidu marginal jusqu'en 2050.

Notre étude ne se prononce pas sur la période post 2050 : des sauts technologiques majeurs, comme des bouleversements politiques, pourraient advenir d'ici là.

Actuellement, les Français-es réalisent en moyenne un aller-retour long-courrier tous les 5 ans environ. La perspective de se contenter d'**un aller-retour long-courrier tous les 10 ans dans les 20 prochaines années** pourrait être vue comme une simple division par deux de la fréquence de vol des Français-es. Ces trajets sont néanmoins très mal répartis dans la population française, avec une grande partie de la population qui ne prend jamais, ou presque jamais, l'avion et une minorité qui multiplie les voyages aériens à une fréquence intenable pour respecter l'Accord de Paris. Dans le cadre d'une juste répartition de l'effort, cette seconde catégorie de la population a une responsabilité particulière.

Rappelons également que, pour se donner la perspective d'un voyage tous les dix ans, nous avons pris des hypothèses très ambitieuses sur les progrès technologiques et très conservatrices quant à la manière de calculer les émissions de GES du secteur aérien et la conservation de sa part dans notre budget carbone.

Ce calcul prend en compte tous les vols long-courriers quel que soit leur motif (loisirs, familial, professionnel...). Seule une discussion démocratique permettra de définir, dans un budget carbone contraint, les usages de l'avion jugés plus prioritaires que d'autres, et qui pourraient donc être sanctuarisés (ex : vols familiaux, liaisons vers l'outre-mer privilégiées aux vols de loisirs très réguliers ou aux jets privés). Quoi qu'il en soit, il s'agira nécessairement de vases communicants : pour que certain-es puissent voyager à longue distance plus régulièrement, il faudra que d'autres aient moins accès aux voyages longue distance.

Enfin, cette réduction importante du budget carbone de l'aviation ne pourra se faire sans volonté politique forte : fin des exonérations fiscales au secteur aérien, plafonnement à la baisse des aéroports, investissements massifs dans le ferroviaire pour restreindre les vols court-courriers...

## V. Sources

- ADEME, *Transport aérien : 3 scénarios pour une transition écologique*, 2022
- BL évolution, *Climat : pouvons-nous (encore) prendre l'avion*, 2020
- Demoli Y., Subtil, J., «Boarding Classes. Mesurer la démocratisation du transport aérien en France (1974-2008) », *Sociologie*, 2019/2 (Vol. 10)
- Direction Générale de l'Aviation Civile, *Bulletin statistique trafic aérien commercial 2019*
- Direction Générale de l'Aviation Civile, *Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2019*
- Direction Générale de l'Aviation Civile, *Enquête nationale auprès des passagers aériens*, 2017
- FORSTER & all, *Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence*, *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 2295–2327
- ICAO, *Traffic Forecasts Revenue Passenger-Kilometres (RPK) Forecasts Scenarios*, 2021
- INSEE, estimations de population, 10/07/2023
- Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report*
- International Civil Aviation Organization, International Council on Clean Transportation, *CO2 emissions from commercial aviation 2019*
- LEE & all, *The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018*, *Atmospheric Environment*, Volume 244, 2021
- Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, *Enquête sur la mobilité des personnes 2018-2019*
- World Population Prospects, Nations Unies. 2022

### A propos de BL évolution

A l'heure où les crises environnementales et sociétales interrogent et bouleversent les modèles économiques et sociaux, BL évolution apporte à ses clients analyses, conseils et méthodes pour accélérer la transition écologique. Nous croyons à la nécessité d'apporter les meilleurs outils pour équiper les acteurs publics et privés dans leurs stratégies d'adaptation et de transformation. Nous sommes engagés à leurs côtés pour réussir chaque étape et dessiner, avec eux, des perspectives de développement plus écologiques, plus solidaires et donc, plus durables.

En savoir plus : [www.bl-evolution.com](http://www.bl-evolution.com) | [contact@bl-evolution.com](mailto:contact@bl-evolution.com)