

# Synthèse

## Feuille de route de décarbonation du transport aérien



A l'échelle mondiale, en 2019, le transport aérien représentait 2,5% des émissions de CO<sub>2</sub> d'origine humaine soit 915 Mtonnes<sup>1</sup>. 1/3 de ces émissions provient des vols domestiques ; 2/3 des vols internationaux ; 80% des émissions proviennent des vols de plus de 1 500 km.

Le transport aérien a émis, sur le périmètre français domestique, 5,4 Mtonnes de CO<sub>2</sub> en 2019<sup>2</sup>. Les émissions de l'aérien domestique représentent 4% des émissions du secteur des transports et 1,2% des émissions de l'économie française.

Les émissions mondiales de l'aviation sont en croissance continue en raison de la hausse du trafic. Néanmoins, les émissions unitaires, c'est-à-dire par passager et kilomètre parcouru, ont drastiquement baissé. Elles ont été divisées par 5 depuis 1960 et par 2 depuis 1992.

Ces améliorations sont principalement dues aux progrès technologiques. Les différents modèles d'avions qui se sont succédé, ont généré entre chaque génération des gains d'efficacité énergétique de l'ordre de 10 % à 15 %. La dernière génération d'avions et de moteurs consomme entre 2 et 3 litres aux 100 km par passager, voire moins de 2 litres sur certains types de vol<sup>3</sup>.

Le transport aérien est une activité économique essentiellement internationale, organisée sous l'égide de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). En octobre 2022, l'Assemblée de l'OACI a adopté, pour le transport aérien, l'objectif « aspirationnel » de la neutralité carbone (LTAG).

Dans le cadre du « Green Deal » européen, l'Union européenne s'est également fixé pour objectif de parvenir à la neutralité carbone en 2050 avec une étape intermédiaire en 2030 de moins 55% d'émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) par rapport au niveau de 1990. Afin d'aligner les politiques de l'UE sur cet objectif, la Commission européenne a publié en juillet 2021 le paquet législatif européen « Fit for 55 ».

La décarbonation du transport aérien français doit donc s'inscrire dans le cadre du LTAG, des plans d'action agréés au niveau mondial et du Green deal européen.

Pour la France, l'article 301 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021, dite « loi Climat et Résilience », prévoit l'établissement pour chaque filière fortement émettrice de GES d'une feuille de route. Cette feuille de route doit viser la coordination des actions mises en œuvre par chacune des parties prenantes de la filière pour atteindre les objectifs de baisse de GES fixés par la stratégie nationale bas carbone intersectorielle (SNBC).

La feuille de route du transport aérien a, par conséquent, été construite en cohérence avec la SNBC pilotée par l'Etat en intégrant les exigences de la SNBC 2 tout en anticipant les futures orientations plus exigeantes de la SNBC 3<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Chiffres limités à la combustion et non sur l'ensemble du cycle de vie.

<sup>2</sup> Dont 56 % pour les liaisons entre la métropole et l'outre-mer et 44 % pour les liaisons métropolitaines.

<sup>3</sup> Pour l'ensemble de ses avions livrés en 2019, Airbus évalue une empreinte de 66,6 g de CO<sub>2</sub>/passager/km.

<sup>4</sup> La SNBC 2 actuellement en vigueur, adoptée en 2020, visait, tous secteurs confondus, une réduction des émissions de GES à l'horizon 2030 de -40% par rapport à 1990. La future SNBC 3 qui sera adoptée en 2024 prendra en compte le relèvement de l'objectif climatique européen (le nouvel objectif de la France à l'horizon 2030 pourrait s'élever à -50% brut des émissions par rapport à 1990).

Elle a été établie en s'appuyant sur le modèle de projection des trajectoires de décarbonation de l'aérien développé par l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) en 2019. Le modèle a été adapté et amélioré, notamment pour déterminer les besoins en énergie (biomasse, énergie électrique décarbonée) qu'impliqueraient les trajectoires de décarbonation retenues.

Deux périmètres géographiques ont été délimités compte tenu des spécificités de l'aérien :

- Un périmètre français défini comme tous les vols dont à la fois l'origine et la destination se situent en France métropolitaine ou en Outre-mer. Ce périmètre est celui de la SNBC.
- Un périmètre international défini comme l'ensemble des vols au départ de la France vers l'international.

Sur chaque périmètre géographique, la filière présente deux scénarios, « Action » et « Accélération », représentant des niveaux d'investissement et d'ambition croissants. Le renouvellement des flottes par des avions plus performants, l'optimisation des opérations aériennes, l'incorporation de carburants d'aviation durables (CAD), enfin l'introduction de premiers aéronefs à hydrogène permettent d'atteindre les objectifs de décarbonation de cette feuille de route.

Sur le périmètre France, la filière projette dans un scénario « Action » une activité décarbonée à près de 80 % à horizon 2050. Les émissions résiduelles sont compensées et le net zéro carbone ainsi atteint. Ce scénario est compatible avec les objectifs de la SNBC 2 à horizon 2030 et permet des objectifs réhaussés à horizon 2050. La décarbonation s'accélère après 2030 grâce notamment au recours accru aux CAD et à l'arrivée d'avions plus performants.

Un scénario « Accélération » projette une activité décarbonée à hauteur de 92 % à horizon 2050. Il est plus volontariste à partir de 2030 où les objectifs de la SNBC 2 seraient améliorés de 43 %, notamment grâce à plus d'incorporation de CAD<sup>5</sup> et à une accélération de l'innovation.

Les deux scénarios sur le périmètre France prennent en compte une croissance du trafic de 0,8 % par an (en passagers-kilomètres-PKT) intégrant le surcoût des CAD par rapport au kérosène ainsi que l'effet des politiques environnementales mises en place au niveau national et européen. Les scénarios apparaissent atteignables quant au besoin en biomasse et en électricité mais également compatibles avec l'état de la recherche technologique et sur le plan financier dès lors que l'ensemble des recommandations du rapport sont mises en œuvre.

Sur le périmètre international, la filière projette dans un scénario « Action » une activité décarbonée à 77 % à horizon 2050. Un scénario « Accélération » permet une décarbonation à hauteur de 91% grâce à plus d'incorporation de CAD dès 2030 et à une accélération de l'innovation.

Ces scénarios permettent de respecter les objectifs de la SNBC 2 dès 2030 et d'anticiper les futures orientations de la SNBC 3.

Ces deux scénarios sur le périmètre international prennent en compte une croissance du trafic de 1,1 % par an (en PKT) intégrant le surcoût des CAD par rapport au kérosène ainsi que l'effet des politiques environnementales mises en place au niveau national et européen.

Outre la projection sur la réduction d'émissions de CO<sub>2</sub>, l'étude a établi les besoins en ressources en biomasse et énergie électrique nécessaires aux différents scénarios. Ils sont significatifs, mais atteignables. Le recours à la compensation est un complément aux efforts de décarbonation, en attendant que l'activation des différents leviers de décarbonation porte ses effets. Elle n'a pas vocation à s'y substituer.

---

<sup>5</sup> 10 % d'incorporation en 2030 et un maximum de 85% en 2050.

Ci-dessous le tableau synthétisant les résultats obtenus en termes de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> selon les différents scénarios envisagés ainsi que les besoins en énergie décarbonée pour chaque scénario :

| Emissions CO2 mondiales aviation 2019<br>915 Mt | Emissions CO2 2019<br>(Mt) | Scénario     | Projection d'activité décarbonée en 2050 | Biomasse dédiée CAD 2050<br>(Mt) | Energie électrique décarbonée dédiée 2050 (TWh) | Part de la production selon scénario RTE |
|---|----------------------------|--------------|--|----------------------------------|---|--|
| France (métropole et outre-mer)                 | 5,4                        | Action       | -79%                                     | 1,2                              | 11,4  | 1,8%                                     |
|   |                            | Accélération | -92%                                     | 0,8                              | 20,5  | 3,2%                                     |
| International départ France                     | 19,2                       | Action       | -77%                                     | 9,4                              | 45,5  | 7,1%                                     |
|   |                            | Accélération | -91%                                     | 6,7                              | 92,4  | 14,3%                                    |

Voir en annexe les différentes trajectoires de décarbonation pour chacun des 4 scénarios envisagés dans la feuille de route.

La décarbonation du secteur aérien nécessite des investissements massifs de la part des acteurs industriels afin de permettre le développement des technologies nécessaires et la disponibilité des CAD qui se traduiront en coûts supplémentaires pour les compagnies aériennes et leurs passagers. Ces coûts supplémentaires sont considérés comme intégralement répercutés sur le prix des billets d'avion et la croissance du trafic prise en compte intègre l'élasticité sur la demande.

La mise en œuvre de la trajectoire de décarbonation nécessitera de la part de la filière les actions suivantes :

- Déploiement par les industriels d'avions plus efficaces sur le plan énergétique et acquisition de ces derniers par les compagnies aériennes ; poursuite des recherches sur la nouvelle génération d'avions ultra efficaces et sur l'incorporation à 100% des CAD dans les flottes ; développement des technologies hydrogène ;
- Développement d'une filière de CAD et incorporation croissante de ces derniers, au-delà des exigences réglementaires européennes dans le scénario le plus ambitieux ;
- Investissement dans les installations d'électrification au sol, au niveau des opérations au sol des avions, achat d'engins de piste bas carbone, déploiement des logiciels d'accompagnement des pilotes et des outils de partage d'information entre aéroports, compagnies aériennes et contrôleurs pour optimiser les opérations au vol et au sol ;
- Adaptation des infrastructures aéroportuaires pour garantir la distribution des énergies et vecteurs énergétiques décarbonés ;
- Adaptation des emplois et des compétences pour garantir le déploiement des différents leviers de décarbonation.

La mise en œuvre de la décarbonation du secteur aérien nécessitera également de la part de l'Etat la mise en place d'un environnement réglementaire, énergétique et financier adapté :

- Sécuriser le financement pluriannuel du CORAC pour accompagner le financement de la R&T des acteurs du secteur ;
- Favoriser l'émergence d'une filière française de CAD : structurer une filière de production nationale de CAD, contribuer au financement des investissements initiaux de cette filière, subventionner l'incorporation en France de CAD ;
- Mobiliser les énergies décarbonées / bas carbone (électricité, biomasse) dans les proportions requises pour tenir la trajectoire présentée et intégrer ces besoins énergétiques dans les futures planifications énergétiques (PPE) ;
- Soutenir le renouvellement accéléré des flottes, par des mesures d'aides financières, fiscales, comptables ;
- Accompagner les services de la navigation aérienne et les industriels concernés pour permettre l'optimisation maximale des opérations aériennes en vol et au sol ;
- Assurer la soutenabilité financière globale de la décarbonation du secteur en mettant en place des dispositifs de soutien adéquats aux opérateurs (compagnies aériennes, aéroports), en évitant les doubles taxations et les distorsions de concurrence.

Le monde de l'aérien a su mener de front les évolutions technologiques et opérationnelles vers un transport aérien plus sûr mais également plus abordable, grâce à des produits toujours plus compétitifs et plus économes en énergie.

Le transport aérien français sur la voie de la décarbonation doit pouvoir continuer à assurer le bon fonctionnement de l'économie française, à satisfaire la continuité territoriale et le besoin de mobilité, tout en préservant sa compétitivité internationale.

A défaut de soutien adéquat par les pouvoirs publics, un risque d'atrophie de l'industrie aérienne et aéronautique française existe. Celui-ci entraînera soit une substitution de l'activité par des acteurs étrangers sans bénéfice pour l'environnement (« fuites de carbone »), soit l'inadéquation des services de transport de personnes et de marchandises proposés par rapport aux attentes des citoyens et au bon fonctionnement de l'économie française.

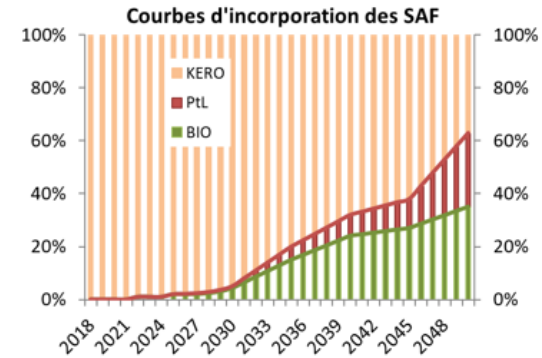
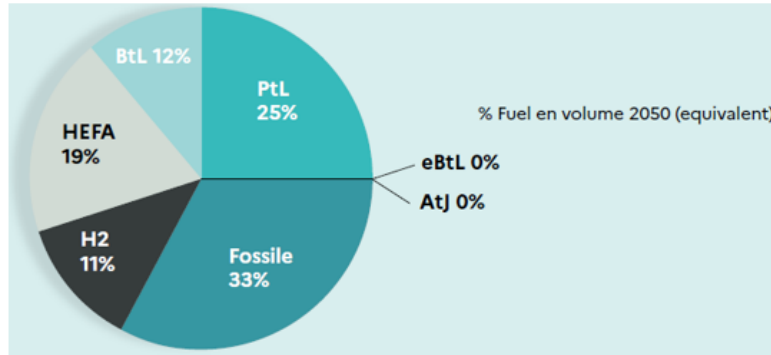
Un soutien financier, prévisible et stable, de l'Etat conformément aux recommandations de la présente feuille de route est donc une condition indispensable non seulement à la décarbonation de la filière aérienne française mais aussi à sa pérennité. Il est aussi la condition requise pour permettre à la filière française d'opérer un effet d'entraînement sur la décarbonation du secteur aérien mondial, en cohérence avec les objectifs de l'OACI.

La décarbonation du transport aérien français est possible via la technologie, l'optimisation des opérations, le déploiement massif des nouveaux carburants décarbonés, sans mesure de limitation du trafic, et avec le soutien de l'Etat conformément à l'ensemble des recommandations du rapport.

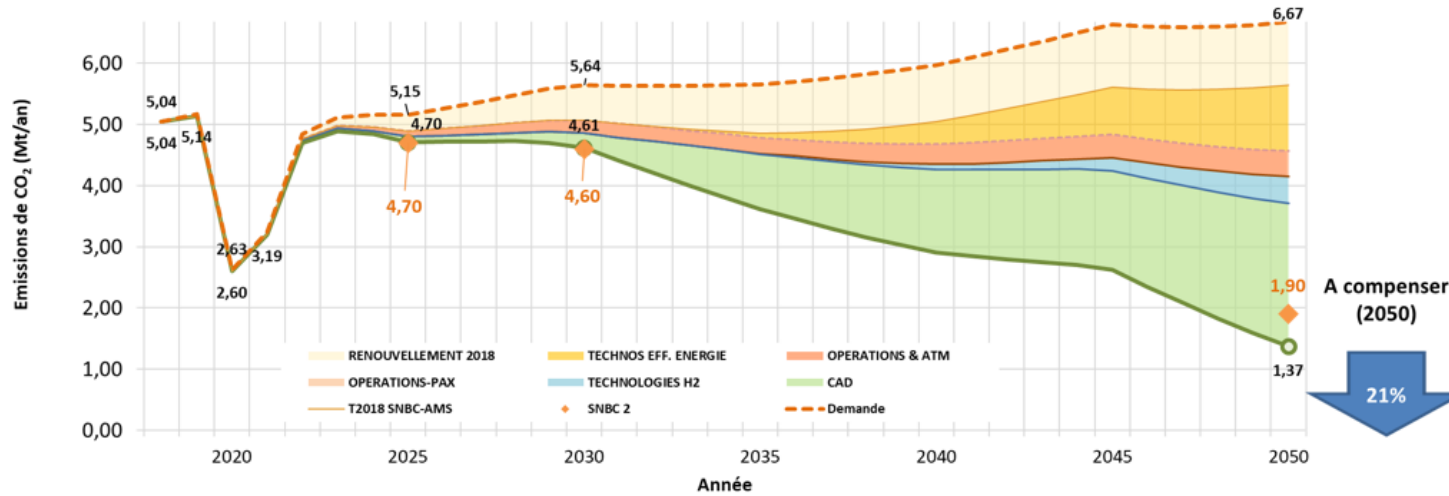
La décarbonation du transport aérien français s'inscrit dans un mouvement mondial. La France doit saisir cette opportunité pour :

- développer une filière souveraine de nouveaux carburants décarbonés ;
- industrialiser en France et en Europe une nouvelle génération d'avions commercialisés sur le marché mondial et conduisant à une décarbonation du secteur au niveau mondial.

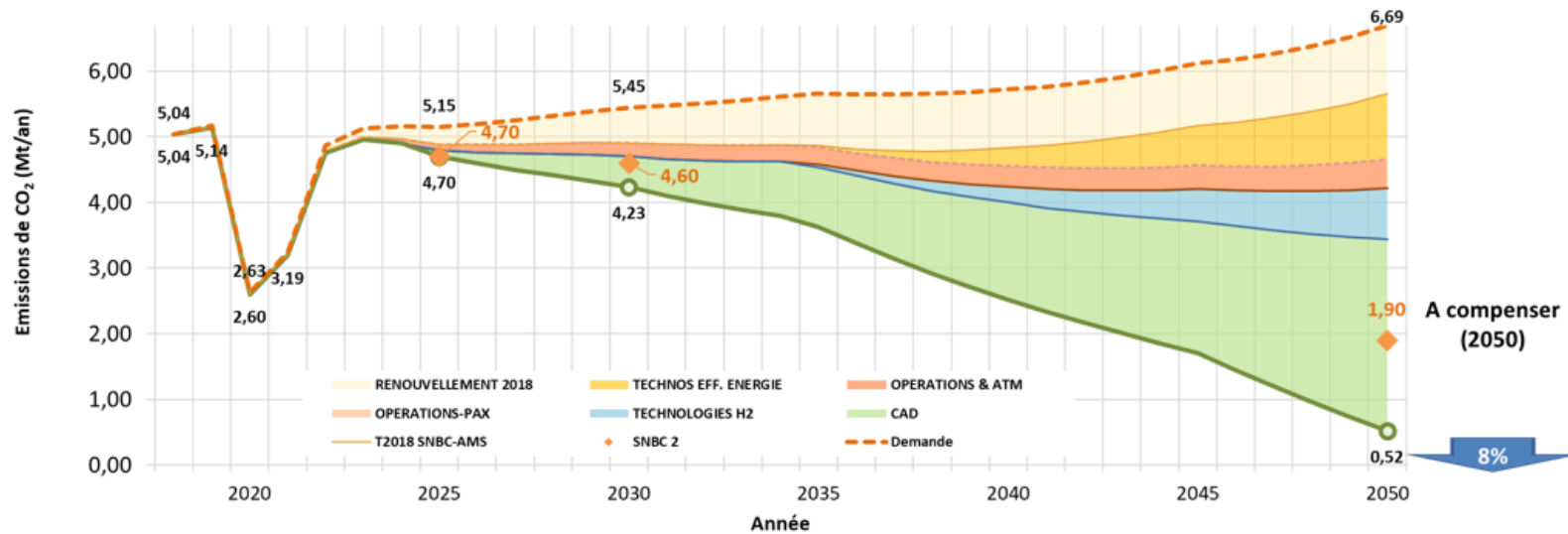
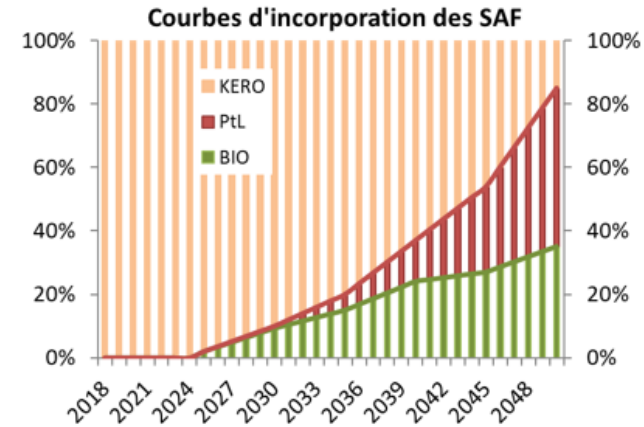
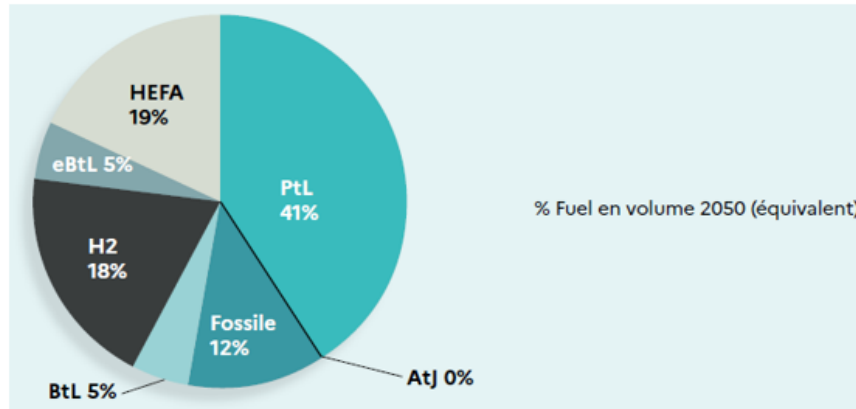
# Scénario «Action»/Périmètre domestique France



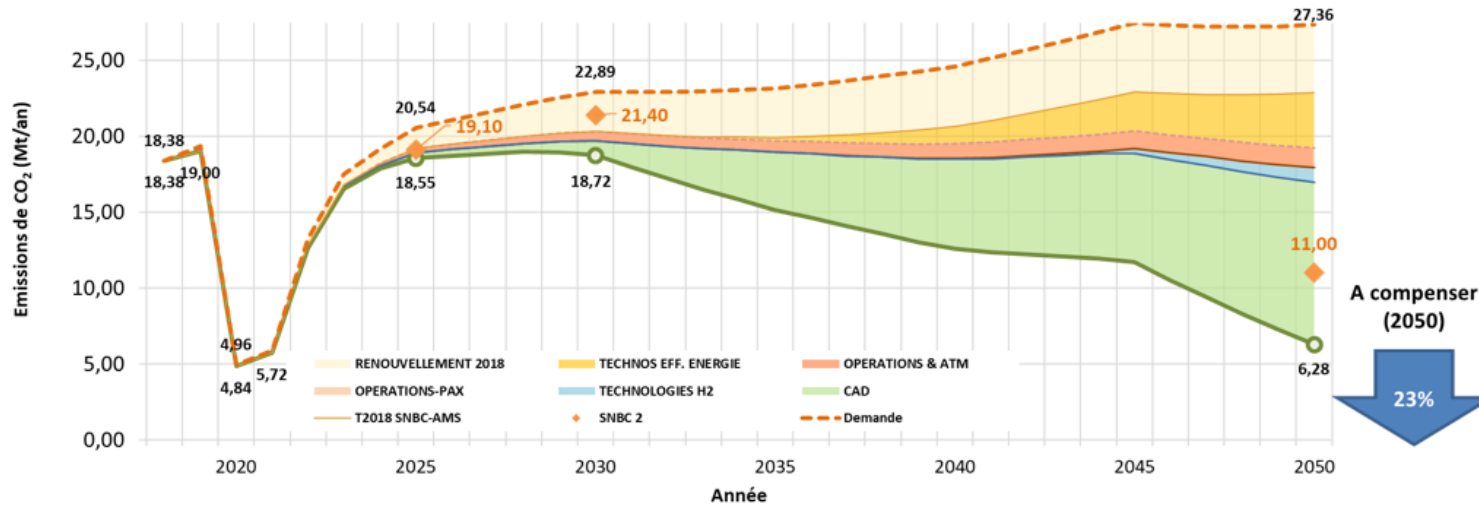
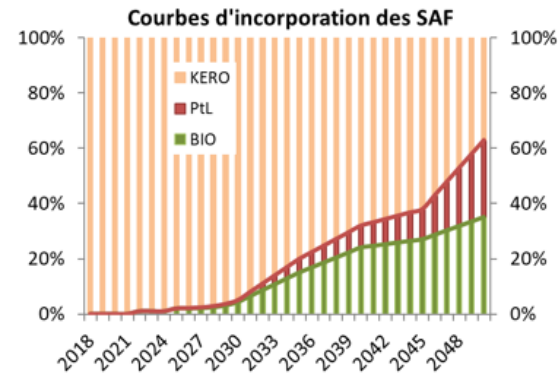
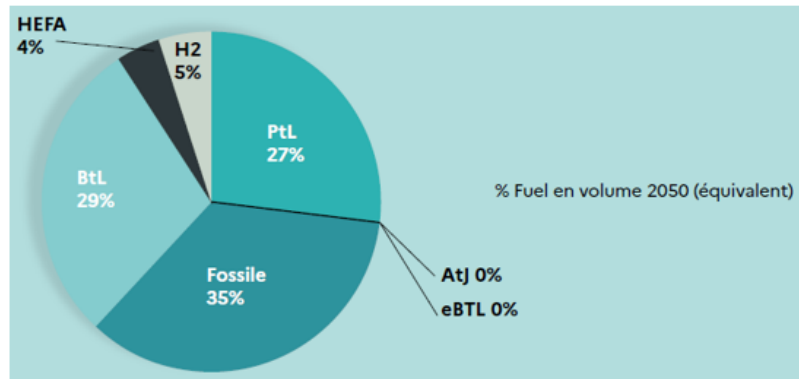
SAF = Sustainable Aviation Fuel (CAD en français)  
 AtJ= Alcohol to Jet  
 e-BTL= electro-biomass to liquid  
 Fossile = kérosène  
 H2= hydrogène  
 HEFA=huiles et graisses hydrotraitées  
 PTL= Power to Liquid (=e-fuel/électro-carburant)



# Scénario «Accélération»/Périmètre domestique France



# Scénario «Action»/Périmètre départ international France



# Scénario «Accélération»/Périmètre départ international France

