

Améliorations techniques

L'évolution des architectures moteurs joue un rôle clé dans la réduction des émissions de CO₂. Safran et General Electric, par exemple, ont développé une série de moteurs toujours plus efficaces :

- Le CFM56 (-25 % de consommation en 1982)
- Le LEAP (-15 % en 2016)
- Le futur Projet RISE, avec une réduction visée de 20 % d'ici 2035 grâce à un concept **non caréné en "open fan"**.

Cette dernière configuration, améliore le rendement (r) en réduisant trainée et poids :

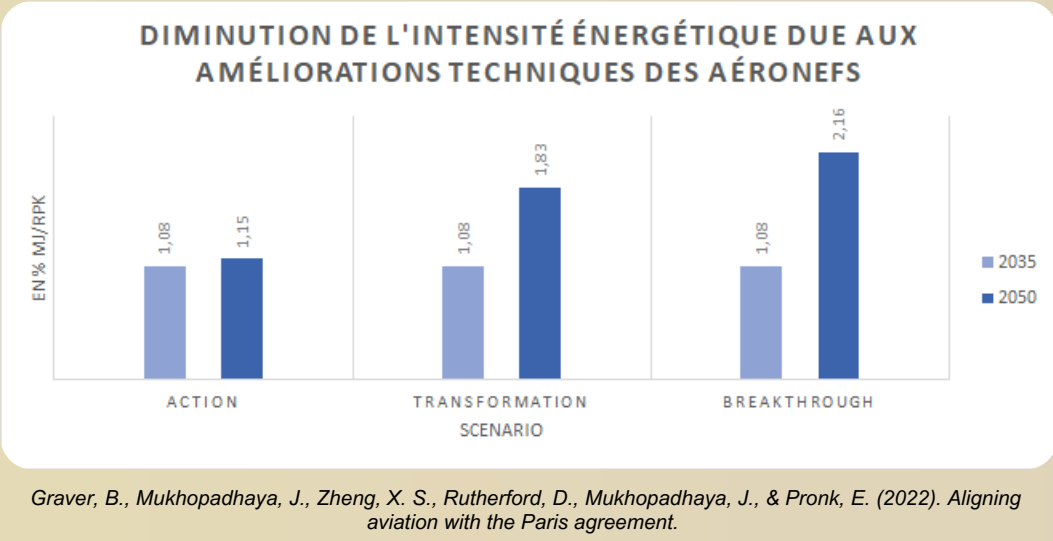
$$r = \frac{\text{travail propulsif utile}}{\text{énergie cinétique apportée}} = \frac{2}{1 + \frac{V_{\text{ejection}}}{V_{\text{vol}}}}$$

Objectif : maximiser r .

Architectures en **Blended Wing Body** (BWB) :

- Le fuselage est intégré aux ailes
- Amélioration de l'aérodynamisme notamment par une augmentation de la finesse de 22 % permettant une réduction de la consommation de carburant

Avec une diminution de 2,16 % de l'intensité énergétique dans le meilleur scénario (*Breakthrough*), les simples **améliorations techniques ne sont pas suffisantes** pour garantir la neutralité carbone visée pour 2050. Pour l'atteindre, il faudra agir sur le carburant lui-même, voire déployer des technologies d'émissions négatives.



Nouvelles technologies

Électricité

Les avions 100% électriques aujourd'hui

Vols de *courte* durée et avec *moins d'une dizaine de passagers*.

Pipistrel : 2 ou 4 passagers. Certifiés pour la formation des pilotes.

Eviation Alice : 9 passagers sur une distance de 815 km.

Avantages :

- Pas d'émissions pendant le vol
- Peu cher
- Peu de nuisances sonores
- Efficacité énergétique batterie **~90 %** > moteurs traditionnels **~40 %**

Inconvénients :

- Poids des batteries => pas de vols + longs ou avec une charge utile + importante possible.
- Densité énergétique du carburant d'un moteur thermique **~40MJ/kg** > densité énergétique batterie **~1MJ/kg**.

Futur : Hybridation combinant propulsion classique et électrique pour des aéronefs + grands et + lourds

Hydrogène

Une alternative prometteuse

Selon l'Agence Internationale de l'Énergie :

- 13 %** des besoins mondiaux en carburant d'aviation pourraient être couverts par l'hydrogène **d'ici 2050**.
- Réduction potentielle des émissions de CO₂ de **3,5 gigatonnes par an**.

Des projets ambitieux

Exemple : Airbus ZEROe
• Objectif : créer des avions zéro émission **d'ici 2035**.
• L'hydrogène sera utilisé comme **source principale** de carburant.

- Les défis actuels
- Coût élevé** de la production d'hydrogène vert.
 - Facteurs clés pour **réduire** ces coûts :
 - Baisse des coûts **des énergies renouvelables**.
 - Avancées dans les technologies de **stockage** et de **transport**.
 - Augmentation de l'**échelle de production**.

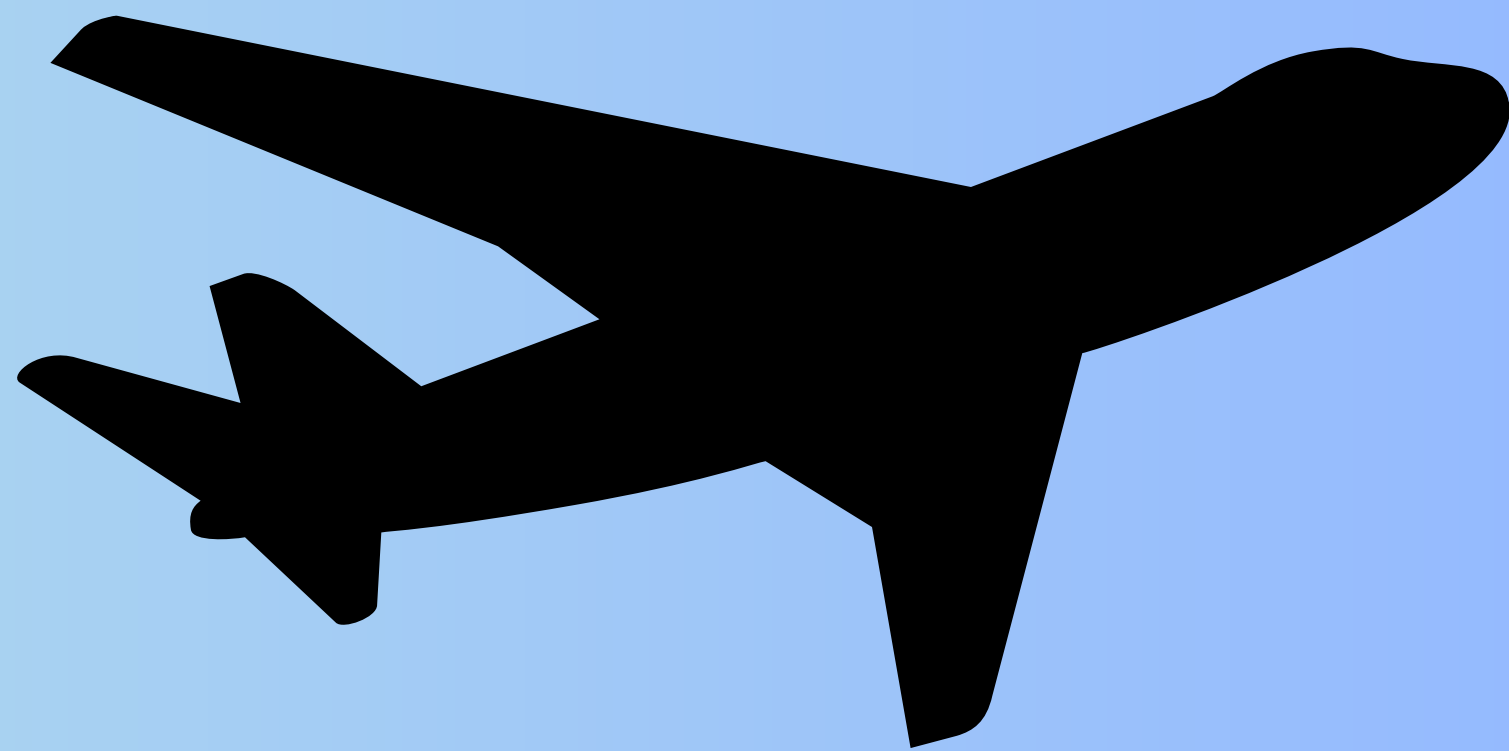
Si l'avion était un pays :
8e pays
le plus émetteur du monde

9 kgCO₂/100km/passager

2,8 %
des émissions mondiales

Le transport
le + polluant
(intensité énergétique/
pers/km)

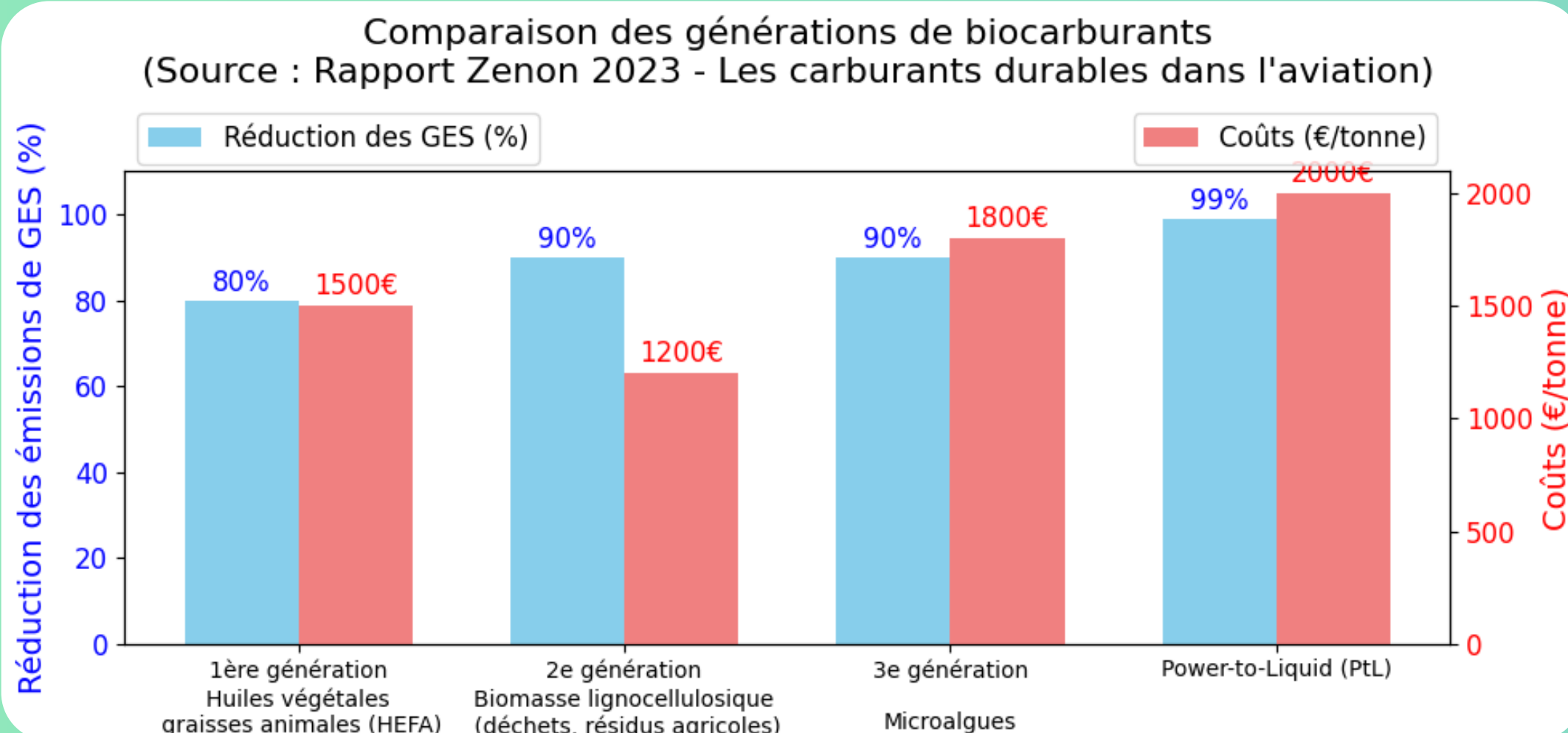
8 %
de la consommation mondiale de pétrole



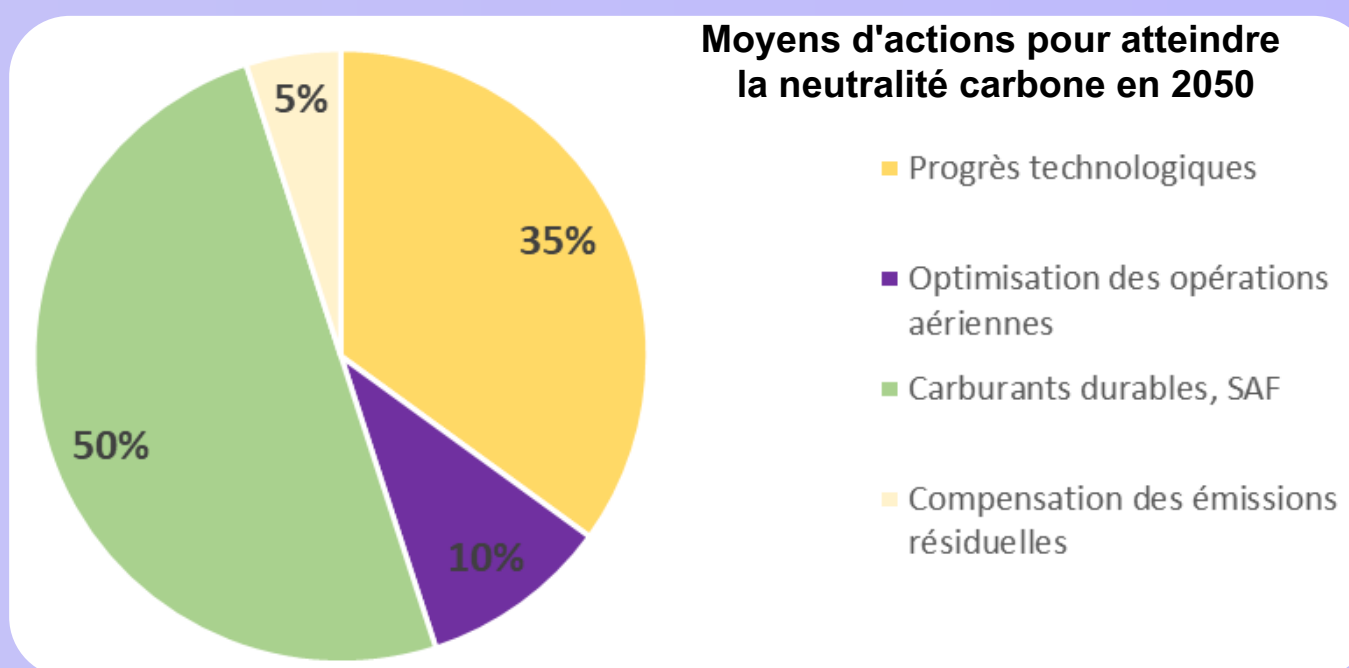
Sustainable Aviation Fuel (SAF)

Biocarburants : un levier clé pour la décarbonation aérienne

- Réduction des GES : 50 à 90 % selon les sources (ex. : 71 % ATAG, 80 % IATA).
- Adoption limitée : moins de 1 % des vols européens, freinée par coût élevé (1 500 €/tonne vs 400 €/tonne pour le kérosène) et faible disponibilité.
- Compatibilité : carburants "drop-in" utilisables jusqu'à 50 % avec kérosène sans modification des moteurs.
- Défis : coût élevé, production insuffisante malgré une baisse amorcée en 2023.
- Enjeux scientifiques : forte attention portée sur les SAF comme levier pour décarboner l'aviation.



Politiques et scénarios



SAFRAN RAPPORT INTÉGRÉ 2023. (s. d.).
<https://web.safran-group.com/n2023/#page=35>

Trois scénarios de décarbonation envisagés par l'ICCT (rapport de juin 2022) :

- Action** : minimaliste.
- Transformation** : intermédiaire.
- Breakthrough** : plus ambitieux.

SAFs (Sustainable Aviation Fuels)

- Issus de biomasse ou d'énergies renouvelables
- Compatibles avec les infrastructures existantes -> couvriraient 50 % à 100 % de la consommation selon les scénarios.

Efficacité énergétique des avions
Aucune avancée majeure avant 2035 prévue, mais de nouveaux avions plus efficaces pourraient être introduits après cette date selon les scénarios envisagés.

- Quelques objectifs fixés par les accords de Paris**
- neutralité carbone d'ici 2050
 - mise en place par l'ICAO du plan CORSIA
 - Pays invités à soumettre des NDCs

