

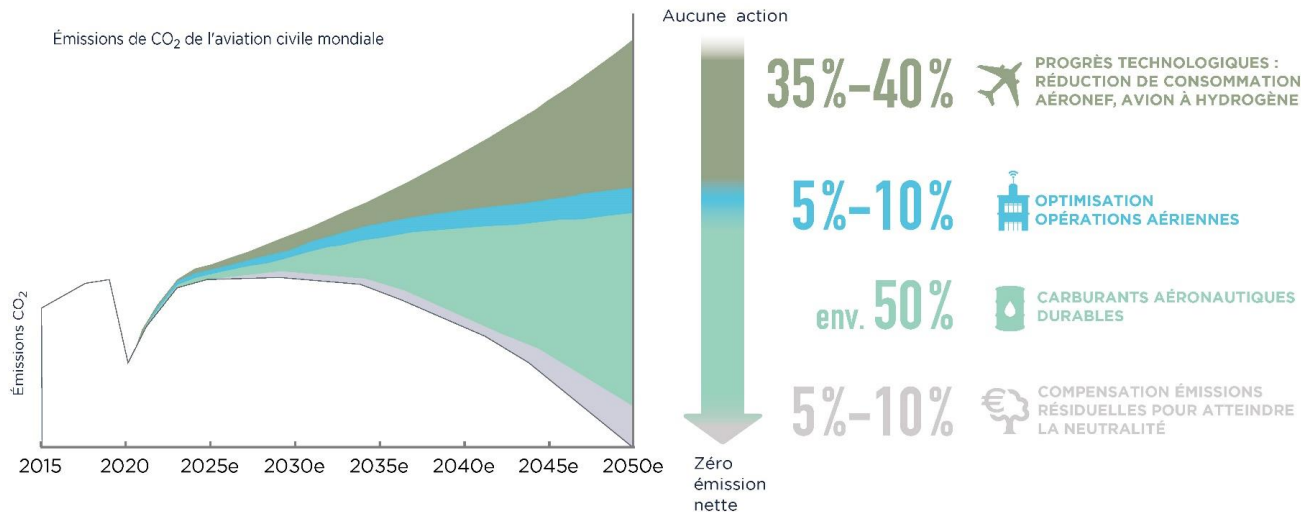
Le rôle des SAF (Sustainable Aviation Fuels) dans la décarbonation de l'aérien

Janvier 2023



La décarbonation du transport aérien : Les 4 piliers fondamentaux

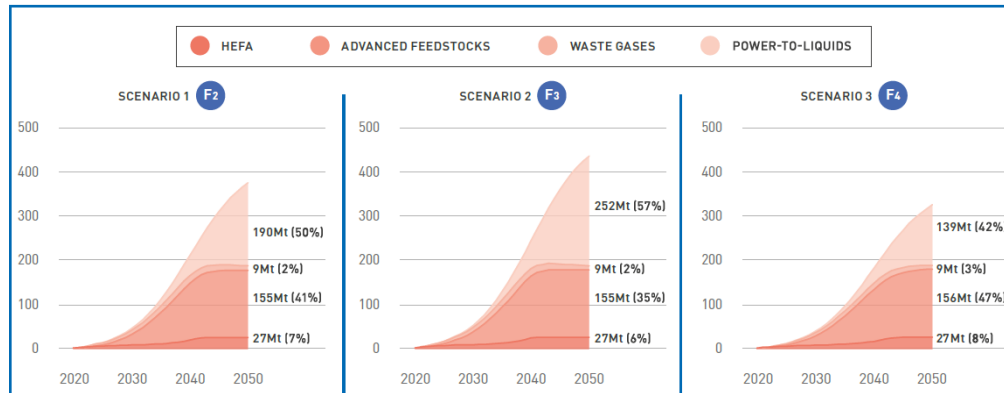
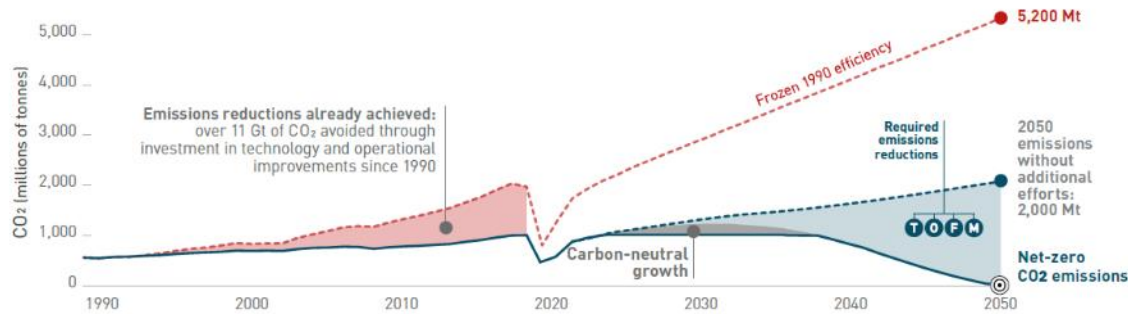
UN ENGAGEMENT AMBITIEUX POUR UNE NEUTRALITÉ CARBONE EN 2050



4 piliers indissociables et totalement complémentaires

Le déploiement des SAF (Sustainable Aviation Fuels) de façon immédiate et massive est absolument nécessaire

Les engagements environnementaux de l'aviation

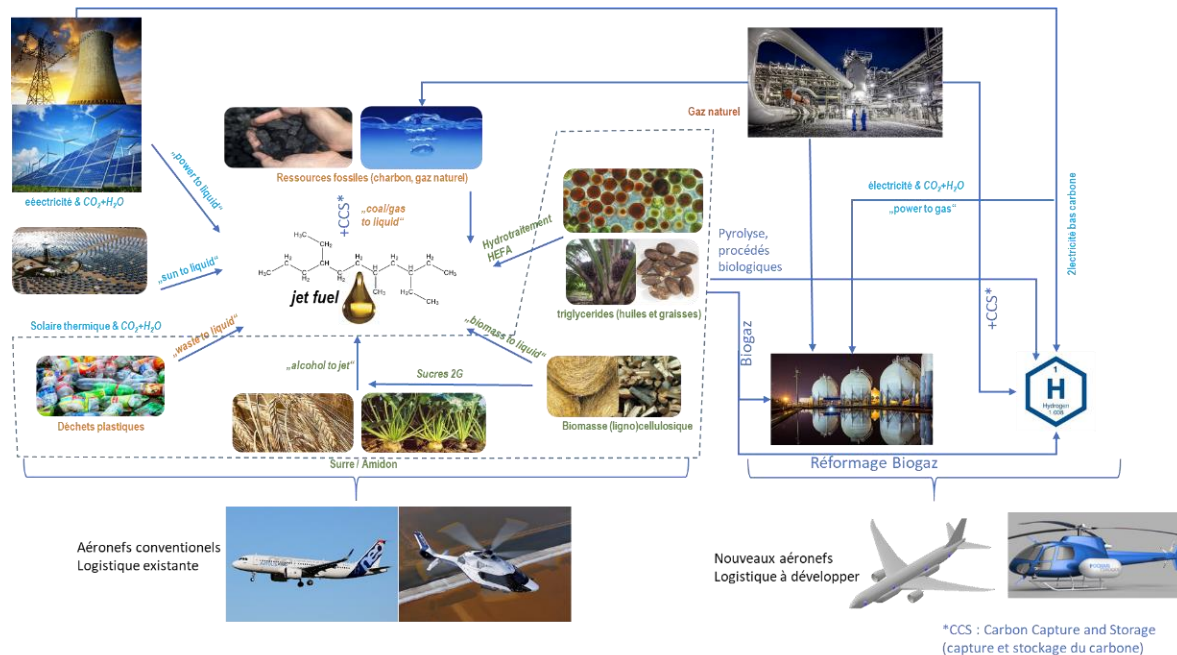


Source : ATAG – Waypoint2050

- Safran soutient sans réserve l'engagement de neutralité carbone de l'aviation en 2050 (nouvel objectif ATAG et Européen / Destination2050)
- Dans cette trajectoire de décarbonation, les SAF (*Sustainable Aviation Fuels – Carburants Aviation Durables*) jouent un rôle central, avec des incorporations massives nécessaires, quel que soit le scénario choisi.
- Ces carburants représentent, selon les scénarios envisagés, entre 40 et 70% de la réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation

Carburant de substitution

- Définition d'un carburant de substitution : carburant dont la matière première n'est pas le pétrole brut
- Une multitude de solutions potentiellement envisageables
- 2 grandes catégories en terme d'usage (notion indépendante du procédé) :
 - « Drop-in » : compatible avec les avions / infrastructures actuelles
 - Non drop-in : nécessitant de nouveaux avions / infrastructures



Une dynamique déjà lancée

- 7 filières d'ores et déjà certifiées pour un mélange jusqu'à 50%
- Plus de 450 000 vols ont été réalisés avec des SAF depuis 2016
- 300 millions de litres de SAF produits en 2022
- Les accords d'achats de SAF (« offtake ») représentent environ 22 milliards de litres
- Plus de 90 compagnies aériennes ont déjà expérimenté l'usage de SAF
- De nombreux travaux en cours (notamment au sein de Safran) pour viser la compatibilité 100%SAF



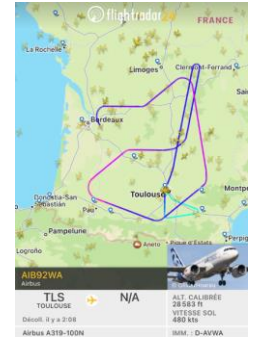
Boeing 737 MAX flights with Leap-1A engine – 100% HEFA-SPK/HDO-SAK blend.



Boeing 737 MAX ground & flight tests with Leap-1B engine – 100% HEFA-SPK.



Vol 100%SAF Volcan (A319)



AIRBUS **SAFRAN**
DASSAULT AVIATION
ONERA
MINISTÈRE CHARGÉ DES TRANSPORTS
dgac direction générale de l'aviation civile

First A319neo flight with 100% sustainable aviation fuel



Safran supports Leonardo's first helicopter flight on Sustainable Aviation Fuel with its Aneto-1K engines

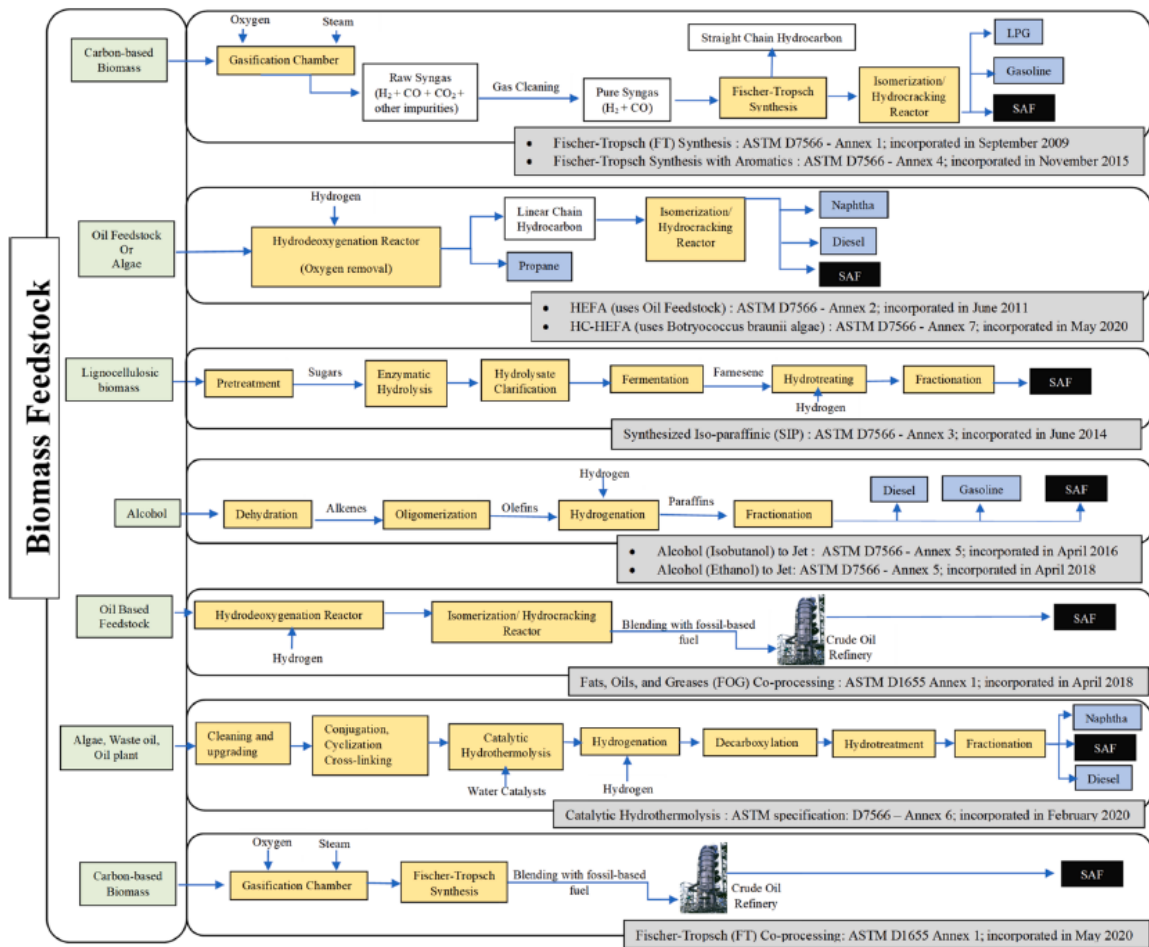
Safran and ÖAMTC introduce sustainable aviation fuel into an Arrius-powered helicopter fleet

Le carburéacteur, un produit extrêmement complexe

- **Le carburéacteur est un produit extrêmement spécifique, avec des propriétés extrêmes :**
 - Un contenu énergétique élevé et constant, permettant les vols longue distance et la réduction de poids.
 - Une tenue à froid importante, permettant les vols en conditions extrêmes en haute altitude.
 - Une stabilité thermique élevée, permettant l'utilisation du carburant comme fluide caloporteur
 - Une compressibilité maîtrisée, permettant l'utilisation du carburant comme fluide de force...
- **La coupe carburéacteur a été choisie pour répondre à l'ensemble de ces contraintes, mais la réplification de ces propriétés par des procédés avancés reste très complexe d'un point de vue du raffinage**
- **En conséquence, il est souvent techniquement, énergétiquement et économiquement difficile de produire du carburéacteur de synthèse, notamment en comparaison avec les autres carburants (terrestre, maritime...).**
 - La plupart des procédés de production étant à même de produire plusieurs types de carburants, les arbitrages du producteur en faveur de la production massive de SAF sont parfois difficile à prendre

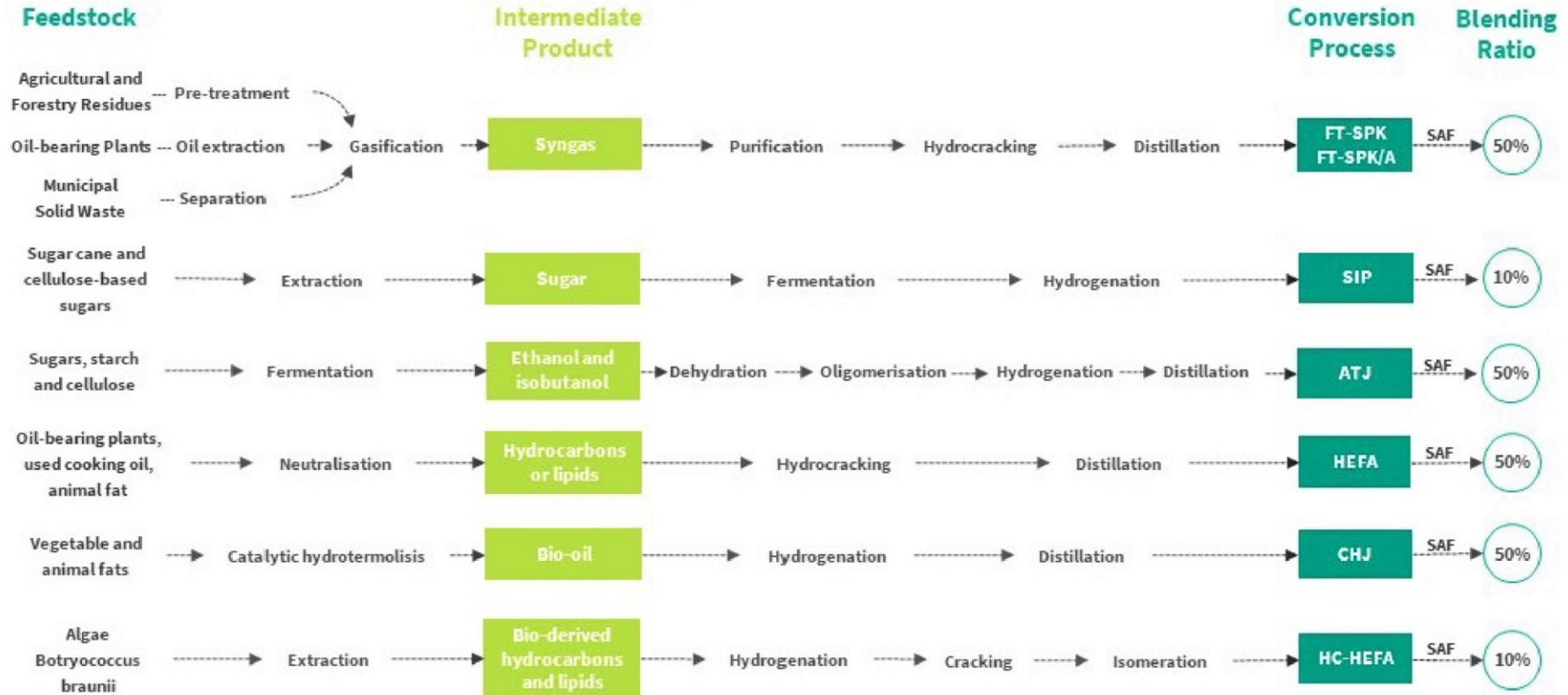
Comment produire des SAF ?

- Plusieurs voies existent, caractérisées par des usages de différents types de biomasse
- Chaque procédé de production est constitué d'une succession plus ou moins complexe d'unités intermédiaires et de produits intermédiaires.
- Ces procédés permettent la production de SAF, mais également potentiellement d'autres produits (essences, gazole, bio-GPL...)
- Le bilan économique, environnemental, énergétique de chaque filière est donc dépendant de cette plus ou moins grande complexité, y compris le point critique de la logistique biomasse

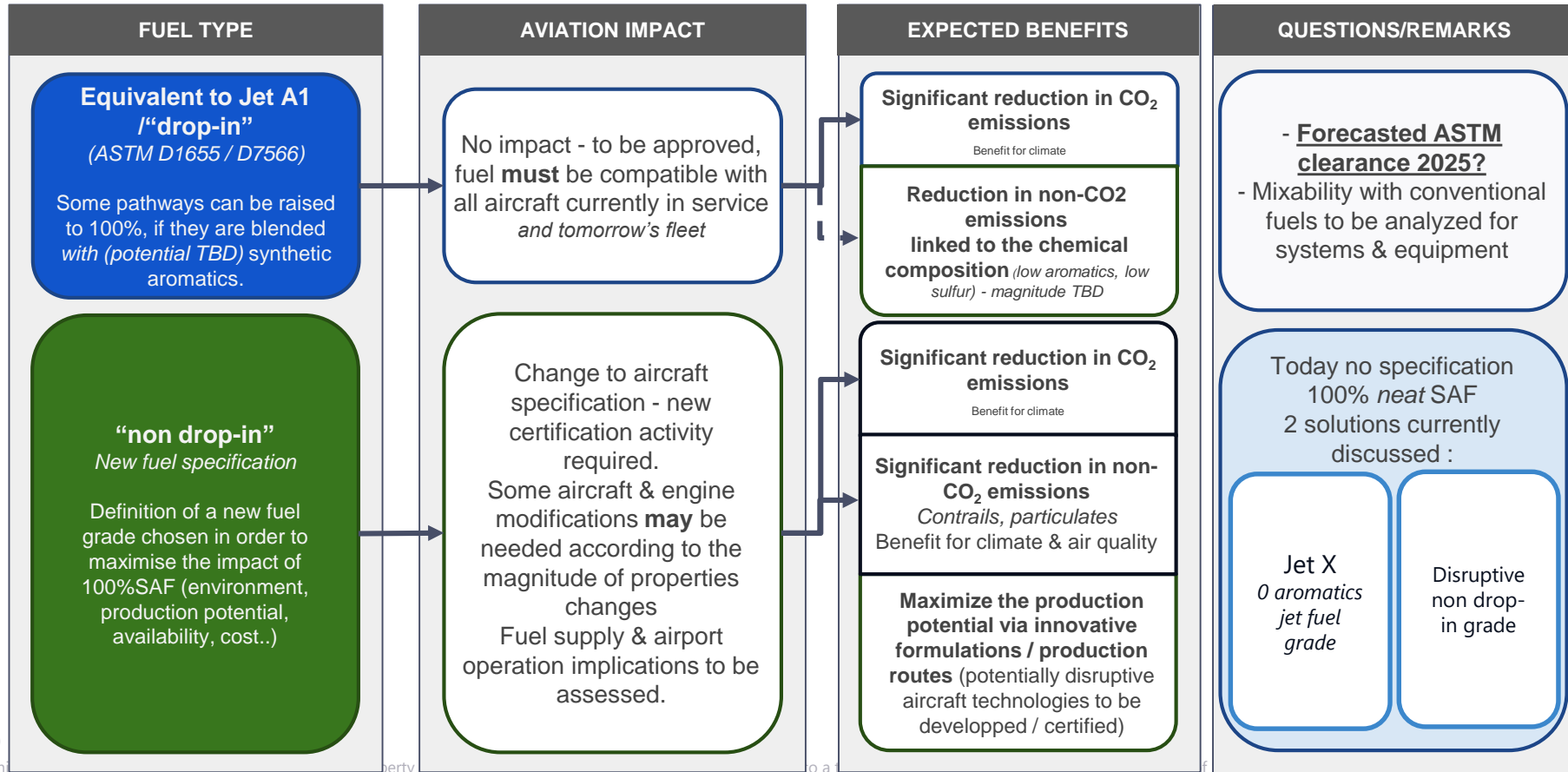


Legend: Coproduct (Blue), Bioconversion Step (Yellow), Feedstock Type (Green), SAF (Black), Intermediate Product (White)

7 filières de production d'ores et déjà certifiées : résumé



Vers le 100%SAF : une histoire de définition



Quid de l'hydrogène ?

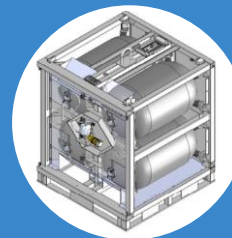
L'hydrogène est au cœur de la décarbonation de l'aérien, sous plusieurs formes



« Ingrédients
« pour la production de bioSAF



Combiné au CO₂ sous forme de eFuel / PtL



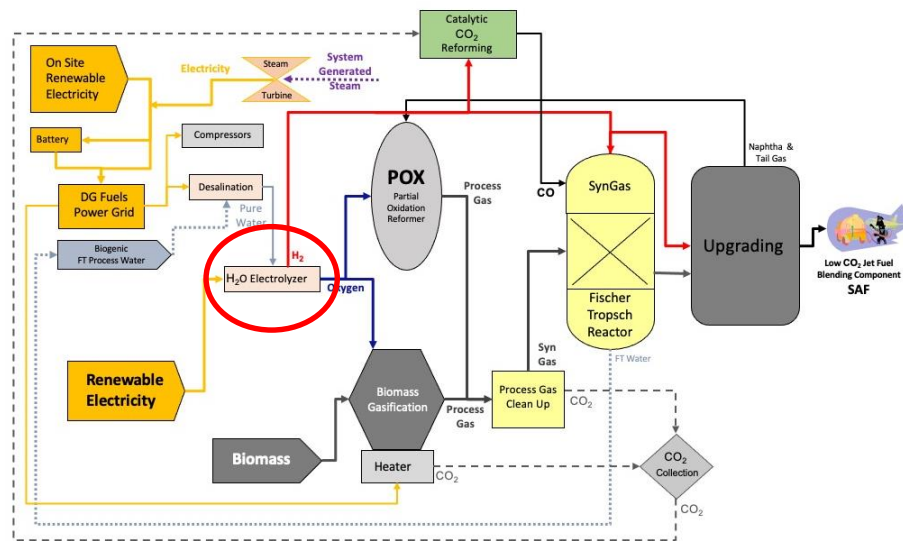
Sous forme d'hydrogène liquide



Quelle que soit la voie choisie, l'hydrogène sera au cœur de la décarbonation du transport aérien
Il convient de ne pas restreindre le besoin en hydrogène aux seuls avions LH2

La production de biocarburants nécessite l'usage d'hydrogène

- L'hydrogène est au cœur de la production des bioSAF :**
 - Procédés de production
 - Traitements de finition (hydrocraquage, hydroisomérisation)
- L'ajout d'hydrogène pourrait permettre d'optimiser les capacités de production**
 - Cf procédé FT : l'injection d'hydrogène peut permettre d'éviter la brique WGS et donc d'optimiser le rendement de production (rendement sur biomasse pouvant passer de 70% à 100%) (« eBioSAF »)



Source : DGFuels

SAF et LH₂ : 2 filières totalement complémentaires

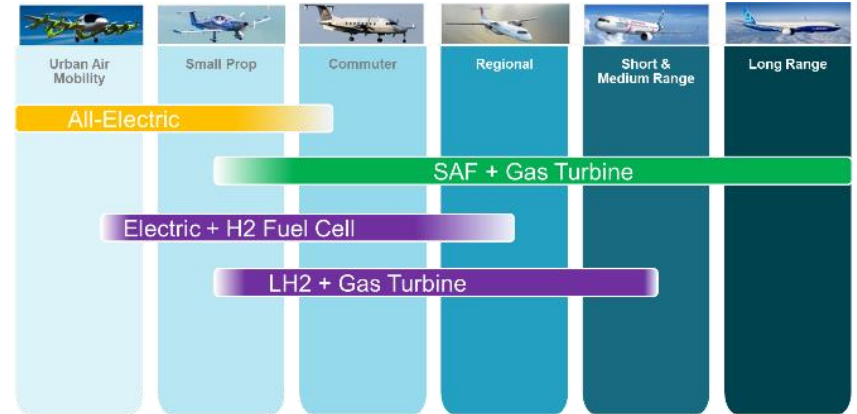
- **Le déploiement rapide et massif des SAF est nécessaire et constitue donc un « no regret choice »**
- Nécessaire à court terme pour décarboner les flottes existantes, et à long terme pour les aéronefs moyen / long courriers
- Disponible immédiatement, sans limitation technique (jusqu'à 50%), avec une feuille de route claire vers une incorporation à 100%
- Des questions se posent encore vis-à-vis de la disponibilité / durabilité / compétition d'usage lorsqu'un déploiement massif des SAF sera nécessaire



SAF et hydrogène : 2 filières totalement complémentaires

L'hydrogène doit être considéré comme **un complément au déploiement des SAF** (LH₂ or PtL) permettant de réduire la pression sur la demande / besoin de biomasse et ainsi permettre d'atteindre la neutralité carbone.

Point commun : le passage obligé par le développement de **technologies de propulsion / aéronef ultra efficace**



Avantages et limites des différentes voies

	Biofuels (current)	Biofuels (future)	E-fuels / PtL	hydrogen	electricity
Raw material type	Used cooking oil	Lignocellulosic feedstock	Low carbon electricity	Low carbon electricity	Low carbon electricity
Currently available	Yes	No (production technology maturity)	No (production technology maturity)	No (green H2 availability + aircraft technology + logistics + ...)	No (aircraft technology)
Raw material long term availability	Low	Moderate ? Strong risk on useage competition and logistics	High ? Strong risk on useage competition ?	High ? Strong risk on useage competition	High ? Strong risk on useage competition
Conversion efficiency	Very high	High	Moderate (high for eBioSAF ?)	Moderate to low (logistics to be assessed)	high
Logistics	Mature	Mature	Mature	To be built	To be developed
Aircraft technology maturity	Mature	Mature	Mature	Low	low
Environmental benefits	Medium to high (depend on feedstock)	High	High (beware of electricity carbon content)	High (beware of electricity carbon content), but Market penetration ?	High (beware of electricity carbon content), but Market penetration ?
Costs	Moderate	High	Very high (hydrogen + carbon price + CAPEX)	High (hydrogen + CAPEX)	Low to Moderate
Need for change in operations	No	No	No	Yes	Yes

Avantages et limites des différentes voies

	Biofuels (current)	Biofuels (future)	E-fuels / PtL	hydrogen	electricity
Raw material type	Used coking oil	Lignocellulosic feedstock	Low carbon electricity	Low carbon electricity	Low carbon electricity
Currently available	Yes	No (production technology maturity)	No (production technology maturity)	Low H2 availability (technology + logistics + ...)	No (aircraft technology)
Raw material long term availability	Low	Moderate ? Strong risk on useage competition and logistic	Moderate ? Strong risk on useage competition ?	High ? Strong risk on useage competition	High ? Strong risk on useage competition
Conversion efficiency	Very high	High	Moderate (high for eBioSAF ?)	Moderate to low (logistics to be assessed)	high
Logistics	Mature	Mature	Mature	To be built	To be developed
Aircraft technology maturity	Mature	Mature	Mature	Low	low
Environmental benefits	Medium to high (depend on feedstock)	High	High (beware of electricity carbon content)	High (beware of electricity carbon content), but Market penetration ?	High (beware of electricity carbon content), but Market penetration ?
Costs	Moderate	High	Very high (hydrogen + carbon price + CAPEX)	High (hydrogen + CAPEX)	Low to Moderate
Need for change in operations	No	No	No	Yes	Yes

Pas de solution « idéale »

Conclusions

- Le déploiement immédiat et massif des SAF est totalement nécessaire à l'atteinte des trajectoires de décarbonation du transport aérien
 - À court terme (2030-2040), les SAF représentent la seule solution envisageable pour décarboner de façon substantielle l'aérien, en complément d'une amélioration importante de l'efficacité énergétique.
 - Ce déploiement implique un besoin de substitution de l'ordre de **20EJ** à l'horizon 2050 (**400 à 500 Mt**) et donc un besoin en ressources extrêmement important.
 - Pour rappel, 20 EJ =
 - 5 fois la production totale (tous secteurs confondus) actuelle de biocarburants
 - Un équivalent énergétique de 5500 TWh (hors rendement de conversion), soit 15% de la production actuelle totale d'électricité ou 100% de la production électrique Française (530 TWh en 2020) – voir calculs plus précis Académie
 - Il existe un risque extrêmement important que les ressources indispensables à l'aérien ne soient pas disponibles en quantité suffisante à long terme (biomasse, électricité décarbonée) en raison de concurrences d'usage importantes et/ou d'arbitrages politiques défavorables
-
- Nécessité de s'appuyer sur les technologies existantes / matures
 - Mobilisation nécessaire de l'ensemble de la biomasse disponible, et plus généralement de l'ensemble des sources d'énergies décarbonées
 - Notion d'efficacité énergétique / rendement de production
 - Notion de synergie / concurrence avec les autres usages

Seul un plan d'action fort et coordonné, alliant R&T et influence, est à même d'assurer la disponibilité SAF

Ce plan d'action doit couvrir les aspects court terme mais aussi long terme