



# Du biocarburant pour les avions ?

François Poncelet

Octobre 2022

## 1 Table des matières

2	Les biocarburants en France.....	1
3	Le cas spécifique de la décarbonation du transport aérien.....	1
4	Procédé de fabrication de biokérosène.....	3
4.1	Les microalgues.....	3
4.2	Les voies de 2 <sup>ème</sup> génération.....	3
5	Utilisation actuelle du biokérosène et la tendance pour le futur.....	4
6	Conclusion.....	5

## 2 Les biocarburants en France

Pour bien connaître les filières de fabrication des biocarburants en France il faut relire l'excellent article écrit par J.M. Niezborala dans les Plumes de l'ARA de juin 2015 « La fabrication des biocarburants » toujours d'actualité.

Rappelons ce que dit l'article sur les générations de biocarburants : « Les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération sont aujourd'hui produits à l'échelle industrielle. Mais ils ne peuvent être produits qu'en quantité limitée, dans la mesure où ils rentrent en concurrence avec la production alimentaire. De nouvelles matières premières ont donc été recherchées, aboutissant à une 2<sup>ème</sup> génération de biocarburants. Ces derniers sont fabriqués à partir de végétaux non alimentaires, c'est-à-dire de la biomasse lignocellulosique : déchets agricoles, résidus forestiers, bois, plantes dédiées, etc. Leurs procédés de fabrication sont encore à l'étude et en sont actuellement au stade d'essais pilotes.

Une 3<sup>ème</sup> génération de biocarburants fabriqués à partir d'algues est également envisagée. Mais il y a encore beaucoup de défis techniques et économiques à relever. »

L'article présente ensuite les différents procédés de production actuels pour produire l'éthanol qui est mélangé à l'essence ou le biodiesel qui est mélangé au gazole ainsi que les procédés envisagés dans le futur pour les biocarburants et le biokérosène pour l'aviation.

## 3 Le cas spécifique de la décarbonation du transport aérien

Le transport aérien présente une spécificité par rapport aux transports terrestres ou maritimes : c'est la nécessité primordiale de minimiser la masse transportée. La décarbonation du transport aérien devra donc passer sous les fourches caudines de cette contrainte.

La voie de l'utilisation des batteries au lithium n'est pas suivie : actuellement le kérosène représente un rapport poids/puissance délivrée dans un turbopropulseur très faible que n'arrivent pas à égaler les batteries au Lithium : à titre d'exemple pour remplacer les 240 tonnes de kérosène d'un Airbus A380 il faudrait 3600 tonnes de batteries. Rappelons que dans un turboréacteur la combustion du kérosène permet de faire tourner une turbine qui comprime l'air, le réchauffe et l'éjecte à grande vitesse ce qui

génère la poussée nécessaire à l'avion. La consommation actuelle est de l'ordre de 2 litres au 100 km par passager transporté.

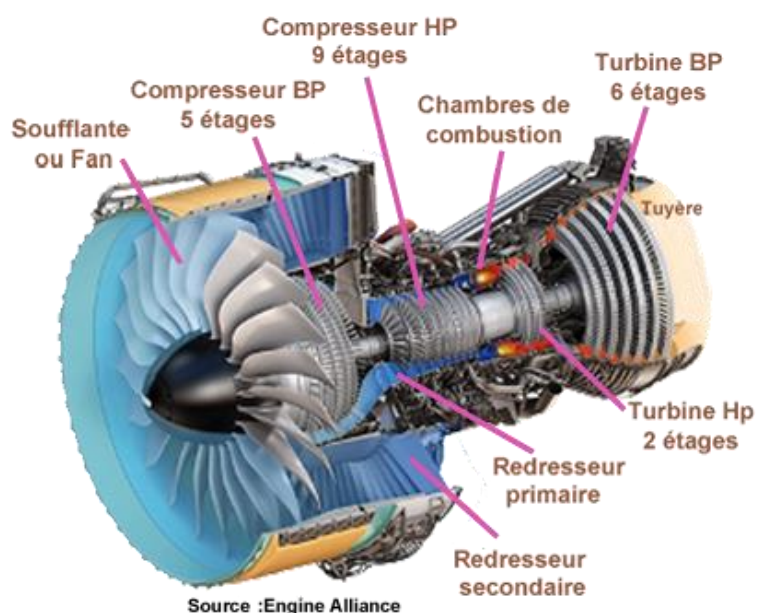


Figure 1 turboréacteur d'avion

La voie de l'hydrogène est explorée actuellement par Airbus dans le cadre du plan hydrogène franco-allemand : trois projets sont étudiés :

- Un avion à turboréacteurs de configuration classique de type A220 pour 120 à 200 passagers. Les réacteurs seraient alimentés en hydrogène grâce à des réservoirs situés à l'arrière de l'appareil pour une autonomie de l'ordre de 3500 km.
- Un avion turbopropulseurs à hélices pour 100 passagers et 1800 km d'autonomie.
- Une aile volante avec une capacité et une autonomie semblable au projet turbopropulseurs.



Figure 2 Airbus - projet Aile Volante hydrogène

Les difficultés techniques liées à l'usage de l'hydrogène pour les avions sont nombreuses :

- L'avion hydrogène nécessite des réservoirs 4 à 6 fois plus volumineux que les réservoirs de kérosène et ils ne pourraient pas se situer dans les ailes comme actuellement.

- L'hydrogène utilisé serait utilisé sous forme liquide et réfrigéré à  $-253^{\circ}\text{C}$  dans des réservoirs cryogéniques de forme cylindrique d'où leur implantation à l'arrière du fuselage ou l'exploration du concept d'aile volante. La voie hydrogène comprimé n'est pas retenue actuellement.
- Le coût de production et distribution de cet hydrogène liquide sera évidemment très élevé

Face à ces difficultés l'aviation civile et les instances gouvernementales se tournent vers la voie du biokérosène pour décarboner le transport aérien.

## 4 Procédé de fabrication de biokérosène

Les procédés sont présentés dans l'article de 2015.

### 4.1 Les microalgues

Jusqu'à un passé récent beaucoup d'espoirs étaient mis dans la filière de 3<sup>ème</sup> génération des microalgues : citons l'article de 2015 :

« La production de biocarburant à partir d'algues lipidiques, produisant naturellement des lipides (huiles), est aujourd'hui la filière présentant le plus d'intérêt :

- Leur teneur en huile peut aller jusqu'à 80 % de la matière sèche.
- Leur croissance nécessite d'importantes quantités de  $\text{CO}_2$ , ce qui permettrait également de recycler le  $\text{CO}_2$  émis par des usines ou des centrales thermiques - Les résultats obtenus en laboratoire laissent espérer une productivité élevée : entre 20 et 80 tonnes d'huile par hectare, contre deux à peine pour le colza ou le tournesol.
- Ces algues se développent beaucoup plus rapidement que les plantes terrestres et sur des surfaces qui n'entrent pas, ou peu, en compétition avec les surfaces agricoles »

Malheureusement les essais récents menés au CEA Cadarache ont montré que les microalgues considérées comme le plus prometteuses ne produisaient des lipides qu'en conditions de stress, lesquelles conditions stoppent leur développement. Bien que décourageants, ces résultats ne font pas baisser les bras aux chercheurs qui explorent la piste génétique ainsi que l'établissement d'un grand répertoire de ces algues au niveau de la planète comme l'ont fait les grands naturalistes du temps passé comme Buffon, La Pérouse ou Carl Von Linné car les microalgues n'ont jamais été répertoriées à ce jour. Les espoirs s'éloignent donc dans le temps.

### 4.2 Les voies de 2<sup>ème</sup> génération

La thermochimie est la voie de 2<sup>ème</sup> génération qui semble la plus au point même si d'autres voies comme la voie fermentaire restent possibles. L'article de 2015 la décrit :

« Il faut passer par 4 étapes :

- La biomasse est d'abord préparée, pour devenir une matière homogène grâce à des techniques de pyrolyse ou de torréfaction.
- Une gazéification est ensuite menée à plus de  $1\ 000^{\circ}\text{C}$ , en présence de vapeur d'eau ou d'oxygène. On obtient alors un gaz de synthèse constitué de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène ( $\text{H}_2$ ).
- Le gaz de synthèse est purifié : des composés comme le soufre, les métaux ou le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) sont supprimés. Un complément d'hydrogène peut-être injecté dans le gaz de synthèse à cette étape pour favoriser l'étape suivante.
- Une fois les composés indésirables éliminés, on peut procéder à la synthèse Fischer-Tropsch, une réaction qui transforme le gaz de synthèse épuré en biogazole et biokérosène de synthèse en faisant intervenir des catalyseurs ».

Des pilotes sont opérationnels comme BioTfuel à la bioraffinerie Total de Dunkerque ou le projet Syndièse du CEA tous deux décrits dans l'article de 2015.

Les images récentes jointes présentent les pilotes BioTfuel de Total constitués d'un pilote de torréfaction à Venette près de Compiègne et le pilote de fabrication du carburant de synthèse à Dunkerque. A noter que dans un déploiement industriel il y aurait plusieurs installations de torréfaction situées à proximité des sources diverses de biomasse pour une seule installation de production de biocarburant située sur une zone de gestion de carburant comme une raffinerie. La biomasse torréfiée conserve la plus grande partie de son potentiel énergétique, pour une masse allégée (pratiquement plus d'humidité contenue) et un volume minimum car facilement compactable.



Figure 3 pilotes BioTfuel de Total

## 5 Utilisation actuelle du biokérosène et la tendance pour le futur

L'exploitation opérationnelle de biocarburants d'aviation durable en mélange dans du kérosène pétrolier est aujourd'hui maîtrisée (plusieurs centaines de milliers de vols effectués au niveau mondial notamment U.S.A. Californie mais aussi à Air France), mais leur utilisation dans le monde reste confidentielle du fait du surcoût de ces produits à minima deux fois plus chers.

Aujourd'hui la consommation française métropolitaine de kérosène pétrolier est de 7 millions de tonnes/an dont 5 pour les aéroports parisiens de CDG et Orly (à comparer à 70 millions de tonnes de produits pétroliers/an consommés en France soit 10% pour l'aviation)

L'utilisation de biokérosène fait l'objet d'une feuille de route gouvernementale avec pour objectif 2% de biokérosène en 2025 sur 8,2 millions de tonnes, 5% en 2030 et 50% en 2050. Cette stratégie s'appuie sur 5 principes fondamentaux :

- Les biocarburants d'aviation doivent être certifiés pour assurer la sécurité : les procédés de production, les usines de production et l'utilisation dans les turboréacteurs doivent être certifiés sous l'égide de l'ASTM International.
- Les ressources primaires en biomasse doivent être durables ou issues de l'économie circulaire : elles doivent être impropres à l'alimentation humaine ou animale. Dans cette catégorie on pense facilement à la lignocellulose comme les déchets forestiers non valorisables ou la paille, mais l'accent est mis sur l'utilisation au maximum de ce qui est mis aux déchets comme les huiles

alimentaires usagées, les graisses animales, le marc de raisins etc. et autres déchets bois mis en déchetteries comme les résidus d'élagage, les meubles etc. actuellement le plus souvent incinérés et qui représentent plus de 6 millions de tonnes/an

- Un modèle économique permettant l'émergence d'un marché compétitif et pérenne.
- Un déploiement s'appuyant sur des chaînes logistiques simples et économes.
- Un développement français intégré à la stratégie européenne et internationale.

Deux plateformes de développement sont envisagées pour commencer : une pour Roissy CDG car c'est le lieu principal de consommation en France et pour Toulouse Blagnac comme représentant un aéroport dynamique situé en région. Pour Roissy la bioraffinerie Total serait située au Havre à Gonfreville et livrerait le biokérosène à Roissy en mélange au kérosène pétrolier en proportion qui devrait augmenter au cours du temps.

## 6 Conclusion

Compte tenu de la spécificité du transport aérien qui doit minimiser les masses transportées, il semblerait que seule la voie du biokérosène soit possible dans l'avenir court et moyen terme pour décarboner ce mode de transport contrairement aux autres modes de transport, voitures, camions et bateaux qui peuvent s'orienter aussi bien vers les biocarburants que vers les batteries ou l'hydrogène. La priorité pour l'usage des biocarburants pourrait être donnée dans l'avenir à l'aviation.