

Avis de l'Académie des technologies sur la décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables

Introduction

L'Académie des technologies a publié un rapport¹ sur la décarbonation du secteur aérien par la production massive de carburants durables qui sont le vecteur principal d'une décarbonation sans remise en cause des infrastructures du secteur.

Au-delà de l'intérêt direct pour le secteur de l'aviation, cette étude fournit une illustration des défis et des orientations qui présideront à la décarbonation de nombreux autres secteurs de l'économie.

La nécessaire convergence des acteurs publics et privés vers un même objectif à long terme justifie la mise en place au plus tôt de politiques industrielles et énergétiques cohérentes et ambitieuses caractérisées par plusieurs points importants.

Sur le chemin de la décarbonation, deux défis à surmonter dès 2035 pour être au rendez-vous de 2050

Le premier défi est d'identifier et de produire les ressources énergétiques bas carbone à la hauteur du besoin posé par la production de carburant durable pour le secteur aérien, comme pour d'autres secteurs économiques,

Le deuxième défi porte sur la montée en échelle d'une industrie de grande taille dès 2030-2035 pour cette production. La cinétique de ce déploiement industriel est en effet aujourd'hui sur le chemin critique des objectifs 2050.

Selon les objectifs de la directive européenne ReFuelEU en cours de finalisation, le besoin en carburant durable pour l'aviation, ou encore « kérosène durable », serait pour 2050 de l'ordre de 30 millions de tonnes pour l'Europe dont 6 millions de tonnes pour la France. Un tiers de ces besoins devra être satisfait dès 2035. L'analyse qui suit ne serait pas différente si les besoins pouvaient être réduits de dix ou vingt pourcents.

La biomasse, une réponse partielle

¹ La décarbonation du secteur aérien par la production de carburant durable – Académie des technologies, février 2023

Une partie de l'énergie bas carbone nécessaire à la production de kérosène durable viendra de la transformation de la biomasse. En Europe, les biomasses éligibles sont rigoureusement encadrées pour garantir leur pertinence environnementale et leur non-concurrence avec les productions destinées à l'alimentation. La voie oléochimique, utilisant par exemple les huiles usées, est en plein développement, mais ne pourra assurer que quelques pourcents du besoin. La biomasse lignocellulosique prendra le relais de croissance, mais ne pourra probablement pas assurer une production de carburant au-delà de 20 % des besoins de l'aviation. Des incertitudes pèsent sur cette ressource, tant au niveau de sa disponibilité physique et de sa collecte que du fait d'arbitrages d'usages complexes entre secteurs économiques (chauffage résidentiel et tertiaire, production de biogaz, transport maritime et aérien, etc.). Les incertitudes structurelles sur la biomasse mobilisable au profit de l'aviation pourraient décourager les investissements industriels et réduire, en dessous de 20 % du besoin, la part des carburants durables ainsi produits.

La biomasse peut donc contribuer à la production de kérosène durable pour une vingtaine de pourcents des besoins de l'aviation, mais ceci nécessite un cadrage délicat par les pouvoirs publics du marché de la matière première biomasse et un engagement du secteur de l'aviation dans ce marché.

Des quantités importantes d'électricité bas carbone

Pour décarboner significativement l'aviation, il sera nécessaire de mettre en œuvre à l'échelle industrielle des technologies qui mobiliseront des quantités importantes d'électricité bas carbone. Deux voies complémentaires sont clairement identifiées :

Doubler le rendement de transformation de la biomasse disponible, ...

Il s'agit d'abord d'utiliser au mieux la biomasse disponible en doublant son rendement de transformation en biocarburant par ajout d'hydrogène. Ainsi, la production d'1 Mt de kérosène durable (et de manière concomitante de 0,7 Mt de diesel durable) mobilisera 3,6 Mt de biomasse sèche et 10 TWh d'électricité pour la production de cet hydrogène.

... et produire du « Kérosène de synthèse »

Mais l'objectif de 6 Mt de kérosène durable en 2050 impose la mise en œuvre rapide d'une deuxième voie assurée par la production de « kérosène de synthèse » à partir d'hydrogène et de CO₂ capturé dans l'air. La production d'1 Mt de kérosène de synthèse (et de manière concomitante de 0,7 Mt de diesel de synthèse) mobilisera alors 37 TWh d'électricité dont 85 % consommés par des électrolyseurs à haute température d'une puissance totale de 5 GW, le reste assurant le fonctionnement du site de production, dont la capture de 5 Mt de CO₂. Une telle production nécessite une dépense en un capital de 6 à 8 milliards d'euros (hors production d'électricité valorisée dans les consommables).

De manière transitoire, le CO₂ peut aussi être capté dans les rejets industriels au prix d'une performance de décarbonation deux fois moindre et d'un impact minime sur les chiffres ci-dessus.

Un développement industriel à grande échelle

La production de carburant durable pour l'aviation nécessite le déploiement d'infrastructures industrielles de taille importante et de haut niveau de technologie.

L'obtention des performances ci-dessus passe par la maturation industrielle des technologies de l'électrolyse haute température et de la capture de CO₂ dans l'air et par une intégration optimisée de ces infrastructures. Pour que ces infrastructures et technologies soient au rendez-vous en 2050, il faut disposer dès 2030-2035 d'un premier palier d'industrialisation à une échelle significative : l'enjeu est donc de décider rapidement, et probablement dès 2025, une feuille de route collective visant le déploiement de la filière industrielle pour la production de carburant durable d'aviation. Une telle feuille de route prévoirait d'ici 10 ans une production significative de biokérosène avec ajout d'hydrogène et les développements technologiques et industriels permettant la montée en échelle de la production de kérosène de synthèse.

Le mix électrique bas carbone, une opportunité pour la France dans un monde qui devra doubler sa production électrique

Le besoin en électricité décarbonée est considérable. À l'horizon 2050, la décarbonation du secteur aérien, mais aussi des autres secteurs de l'économie, nécessitera un doublement de la production d'électricité dans les sociétés avancées et un triplement en moyenne dans le monde. Dans une France dont la production électrique serait deux fois celle d'aujourd'hui, il faudra mobiliser 17% de cette production électrique pour fournir les 6 Mt de kérosène durable requis par le secteur aérien et 4 Mt de diesel durable pour d'autres applications. La part énergétique dévolue au secteur aérien est de ce fait 10%.

Pour que le gain mesuré en coût de la tonne de CO₂ évité soit viable et justifie les investissements importants requis, il est nécessaire que cette électricité soit très décarbonée, jusqu'à 20 gCO₂/kWh pour gagner un facteur 10 sur les émissions de CO₂, à comparer aux 55 gCO₂/kWh actuels pour la France et 275 gCO₂/kWh moyens pour l'Europe. Grâce à son mix électrique bas carbone, la France a l'opportunité de mettre en œuvre dès 2030-35 une filière industrielle domestique de production de carburant durable, là où la majorité des pays devront développer des stratégies d'importation en attendant la décarbonation progressive de leur mix électrique. Mais dans la décennie 2040-2050, la France, comme les autres pays, devra accroître de manière importante sa production d'électricité bas carbone.

En prolongeant à soixante ans la majorité de ses réacteurs nucléaires et en maintenant une croissance soutenue de l'éolien et du photovoltaïque, la France pourrait disposer dans la décennie 2030-2040 d'une marge d'une centaine de TWh/an suffisante pour lancer une politique industrielle de production des molécules énergétiques nécessaires à une économie décarbonée, et plus particulièrement des carburants durables pour l'aviation. Pour la période 2040-2050, il faudra viser un doublement de la puissance électrogène installée pour décarboner les différents secteurs de l'économie, dont le secteur aérien, ce qui impose de relancer dès aujourd'hui une filière de construction de réacteurs nucléaires.

Une politique publique devant fixer dès maintenant la bonne trajectoire

Il sera nécessaire de clarifier les arbitrages d'usage de la biomasse et de l'électricité dans le cadre d'une mise en cohérence des politiques énergétiques et industrielles. Dès 2030-35, les deux piliers de ces politiques pourront être d'une part la mise en place d'un premier palier industriel pour la production des molécules énergétiques, notamment le kérosène durable, et d'autre part une production électrique bas carbone robuste et en croissance forte.

Dans la mesure où de telles politiques sont mises en œuvre et permettent à la fois de garantir les intrants (biomasse et électricité) et un développement industriel rapide et à l'échelle, le coût de production de carburant durable pourrait converger vers 2 €/litre (à comparer à un coût tendanciel de 1 €/l pour le kérosène fossile) soit un coût d'abattement direct du carbone proche de 300 € par tonne de CO₂. Ce coût d'abattement montre que la décarbonation de l'aviation est une option viable et souhaitable, justifiant ainsi les efforts de mise en œuvre rapide.

Une politique publique soutenant l'émergence rapide d'un secteur des carburants durables présente plusieurs intérêts stratégiques :

- décarbonation effective du secteur aérien,
- utilisation efficace des périodes de surcapacité de production électrique (i.e. utilisation en continu à puissance nominale des réacteurs nucléaires),
- développement de l'économie de l'hydrogène et des autres molécules énergétiques, renforçant ainsi l'indépendance énergétique,
- contribution importante à la réindustrialisation avec un impact positif sur l'économie et l'emploi des territoires,
- amélioration de la balance commerciale par la limitation des importations de produits pétroliers,

Une telle politique devra s'appuyer sur la négociation de feuilles de route avec les différents secteurs de l'économie, sur des mécanismes d'incitation et de soutien donnant des objectifs partagés aux acteurs économiques, sur un cadre réglementaire cohérent au niveau européen et international créant les conditions d'un marché viable et efficace et enfin sur une planification dans la durée pour la production de la biomasse et de l'électricité bas carbone à l'échelle des besoins retenus dans les feuilles de route.

Conclusion

Les ambitions de décarbonation se posent dans les mêmes termes et les mêmes ordres de grandeurs pour les secteurs aérien, maritime et le transport lourd, comme pour d'autres domaines de l'économie, concourant ainsi à la nécessité d'un doublement de la production électrique. Pendant un transitoire qui durera deux à trois décennies, le marché sera sous la tension de ressources énergétiques bas carbone insuffisantes et de technologies industrielles en cours de maturation. Dans cette compétition, le secteur aérien devra alors prendre rapidement des initiatives pour sécuriser l'accès aux ressources en énergie bas carbone et la disponibilité des technologies industrielles dans une chronologie adaptée à ses objectifs.