

Avion à hydrogène: quelques éléments de désenfumage

blogs.mediapart.fr/atelier-decologie-politique-de-toulouse/blog/290920/avion-hydrogene-quelques-elements-de-desenfumage

Atelier d'Ecologie Politique de
Toulouse

Nous avons découvert avec intérêt le plan ZEROe d'Airbus visant à développer des avions à propulsion hydrogène pour une mise en circulation en 2035. Guillaume Faury, le dirigeant du groupe, vient de les qualifier de « zéro carbone » dans une interviewⁱ, tout en semblant découvrir que la production actuelle d'hydrogène est en fait très fortement émettrice de gaz à effet de serre. Venant du PDG du plus grand constructeur aéronautique mondial, à l'heure où celui-ci doit se lancer dans un virage historique afin de participer à limiter le réchauffement climatique, cette ignorance est inquiétante. C'est la raison pour laquelle nous, scientifiques toulousains de diverses disciplines, souhaitons participer au débat public sur les technologies à hydrogène et plus largement d'ailleurs sur des aspects mal compris de la « transition énergétique ».

Rappelons que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie, c'est un vecteur énergétique au même titre que l'électricité. Il faut le produire et ce n'est qu'une partie de l'énergie utilisée pour le produire qui peut ensuite être libérée pour différents usages, dont peut-être un jour l'aviation. La production d'hydrogène se fait actuellement principalement par vaporéformage du méthane, une technique très émettrice en CO₂ : ainsi, en 2018, la production mondiale de 70 millions de tonnes d'hydrogène – utilisé principalement pour la production d'engrais et le raffinage du pétrole – a engendré l'émission de 800 millions de tonnes de CO₂ⁱⁱ, un chiffre comparable aux émissions du transport aérien commercial (918 millions de tonnes en 2018). L'hydrogène produit par vaporéformage étant plus émetteur que le kérosène à énergie égale, l'utiliser aujourd'hui dans des avions à hydrogène conduirait à une augmentation des émissions !ⁱⁱⁱ C'est pour cela que, dans cette même interview, G. Faury mentionne à juste titre que l'hydrogène utilisé doit être « bas-carbone », et donc produit par électrolyse de l'eau. Cette méthode nécessite une quantité importante d'électricité qui doit elle aussi être « bas-carbone »^{iv}, et donc provenir exclusivement d'énergies renouvelables (photovoltaïque et éolien) ou d'énergie nucléaire.

En conséquence - et c'est là un point important - la propreté des futurs avions à hydrogène dépend *uniquement* de la capacité et de l'envie de notre société de fournir des millions de litres d'hydrogène « bas-carbone » au secteur aéronautique, et c'est bien là que le bât blesse, comme nous allons le détailler. Afin de rendre notre propos plus concret, nous avons décidé d'utiliser des chiffres ancrés dans le territoire dans lequel nous vivons, celui de la capitale française de l'aéronautique : Toulouse.

En 2018, faire voler les avions à destination et en provenance de l'aéroport de Toulouse-Blagnac a nécessité environ 2 milliards de kilowatt-heures^v, fournis par du kérosène, dont la combustion a émis 500 000 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. Pour fournir une telle quantité d'énergie sous forme d'hydrogène liquide, il faudrait disposer d'environ 3,8 milliards de kilowatt-heures d'électricité pour compenser les pertes liées à l'électrolyse de l'eau ainsi que la liquéfaction et le stockage de l'hydrogène liquide^{vi}. Or, produire cette quantité d'électricité renouvelable nécessiterait 190 km² de surface couverte par des éoliennes (entre 400 et 650 éoliennes suivant leur puissance) ou 37 km² par des panneaux photovoltaïques^{vii}. La surface sur laquelle seraient installées les éoliennes représenterait presque deux fois celle de la ville de Toulouse ; les 37 km² de panneaux photovoltaïques, quant à eux, couvriraient la surface combinée des villes de Blagnac et Colomiers et représentent presque 200 fois la surface de la ferme photovoltaïque de l'Oncopole, récemment construite à proximité du centre de Toulouse sur l'ancien site d'AZF. Ces calculs traitent d'un aéroport régional, d'où ne décolle presque aucun long-courrier. Mais si l'on parlait maintenant de Paris-Charles-de-Gaulle, deuxième aéroport européen en nombre de passagers^{viii} ? Les chiffres sont proprement vertigineux^{ix} : 5 000 km² d'éoliennes (entre 10 000 et 18 000 éoliennes réparties sur la surface d'un département français), 1 000 km² de panneaux photovoltaïques, ou 16 réacteurs nucléaires^x.

Les chiffres fournis ci-dessus peuvent être étendus à tous les niveaux, régional, national ou international, et pointent systématiquement vers la même impasse : dans un futur bas-carbone soutenable, il est illusoire de penser que nous disposerons d'une quantité d'hydrogène « vert » pour faire voler autant d'avions qu'aujourd'hui. Car il ne s'agit là que des chiffres pour l'aviation, mais il y a tout le reste. Ainsi, en admettant même que des infrastructures de production d'électricité bas-carbone soient construites massivement à Toulouse, Paris ou ailleurs, la priorité ne serait-elle pas d'abord de les utiliser pour décarboner d'autres postes de notre société : faire rouler les tracteurs, chauffer les habitats, préparer notre nourriture, faire circuler des véhicules essentiels ? La question n'est pas d'être pour ou contre l'aviation mais de poser la question de son usage et de son rôle dans une société, en prenant en compte les limites physiques et écologiques qui conditionnent notre avenir. Envisager le maintien, et a fortiori la croissance du trafic aérien est tout simplement une vision hors-sol qui se heurte à des limites physiques clairement identifiées.

Revenons maintenant à ce plan ZEROe d'Airbus, dont les nombreux angles morts posent question – comme l'a notamment montré l'excellente analyse réalisée par le collectif SUPAERO-DECARBO^{xi}.

D'abord, les avions à hydrogène du plan ZEROe n'ont pas vocation à remplacer les long-courriers : ce plan ne propose en effet le passage à l'hydrogène que pour les avions effectuant des trajets dans un rayon maximal de 3 700 km, ce qui soulève deux problèmes. D'une part, cela ferait rentrer ce futur avion à hydrogène en concurrence avec le train – ce qui explique peut-être les attaques déplacées de G. Faury sur ce moyen de transport déjà bas-carbone lors de l'interview. D'autre part, les trajets de moins de

3 700 km ne représentent que 60 % des émissions de CO₂ de l'aviation^{xii}. Que deviennent les 40 % restants ? On peut aussi s'interroger sur les effets non-CO₂ de l'aviation tels que les traînées de condensation : ceux-ci ont un impact encore plus important sur le réchauffement climatique que les simples émissions de CO₂^{xiii} ce qui explique pourquoi une étude de 2006 avait estimé que le passage de tous les avions à l'hydrogène ne permettrait de diminuer l'impact sur le réchauffement climatique que de 30 %^{xiv}. Cette étude mériterait d'être mise à jour à l'aune des propulsions hybrides proposées dans le plan ZEROe, mais ces divers éléments montrent que, malgré les effets d'annonce aguicheurs, il n'est en rien évident que ce plan aura un impact aussi important qu'escompté sur le réchauffement climatique.

Par ailleurs, la promesse d'un avion à propulsion à hydrogène d'ici à 2035. Comme toute promesse, elle n'engage évidemment que ceux qui y croient, et chacun.e sait que les délais d'aboutissement des projets industriels, qui plus est lorsqu'ils sont en « rupture », sont souvent dépassés. Et ce sans compter que nous avons jusqu'ici passé sous silence une question pourtant majeure, celle de l'adaptation des structures aéroportuaires à l'irruption de l'hydrogène. Outre qu'il serait nécessaire de repenser le système de production, de stockage et d'acheminement d'un tel carburant dans les aéroports, ce qui impliquerait des travaux conséquents et prendrait du temps – le cas de l'A380 a démontré que les aéroports ne pouvaient pas tous se permettre de conduire de tels travaux –, il y a tout lieu de penser que nombre de pays et d'aéroports ne pourraient pas se permettre de développer de telles infrastructures, ce qui retarderait d'autant et compliquerait l'introduction massive d'avions à hydrogène en Europe et dans le monde. Là encore, il est bien improbable qu'une telle métamorphose matérielle soit compatible avec les réductions d'émission rapides et massives dont nous avons aujourd'hui besoin. Dans tous les cas, il serait utile que les promoteurs de l'hydrogène chiffrer également ce poste, et intègrent le bilan de toutes ces infrastructures dans le bilan carbone de l'avion à hydrogène.

L'industrie de l'aéronautique a été particulièrement féconde dans la création et l'entretien de mythes qui n'ont jamais dépassé le stade de la communication ou du prototype^{xv}. Ainsi, les annonces autour de l'hydrogène semblaient déjà fortes il y a 10 ans quand Boeing et Airbus ont sorti leurs prototypes d'avion propulsés par piles à hydrogène, sans que cela n'ait pourtant eu de conséquence depuis sur la flotte. Même en les prenant cette fois au sérieux, la question reste entière de la responsabilité du secteur aéronautique : dans l'intervalle de 15 ans (qui seront peut-être 20 ans ou plus) qui nous sépare de la sortie d'un tel avion, quelle trajectoire serait compatible avec les accords de Paris (2015) sur le climat ? Respecter ces accords nécessite en effet de réduire dès à présent nos émissions de 7 % par an au niveau mondial jusqu'en 2050, et plutôt entre 10 et 13 % par an pour les pays de l'OCDE si l'on veut respecter un minimum d'équité avec les pays en voie de développement^{xvi}. Par ailleurs, au rythme actuel des émissions annuelles, le budget carbone pour rester sous les 1,5 °C d'augmentation de température sera épuisé avant que l'avion à hydrogène ne voit hypothétiquement le jour !

Ainsi, la priorité aujourd'hui n'est pas de faire miroiter un futur où la technologie aura résolu tous les problèmes, mais bien d'engager des actions immédiates pour réduire de manière significative les émissions.

Que propose Airbus à ce sujet ? L'utilisation d'agro-carburants, que G. Faury a indûment qualifiés de « carburants bio », alors que ceux-ci sont en fait produits à partir d'une agriculture très consommatrice d'engrais chimiques et de pesticides dans des pays à la législation environnementale peu contraignante. Ces agrocarburants sont par ailleurs connus pour participer largement à des processus de déforestation massive^{xvii}. Nous ne nous étendrons donc pas plus sur cette proposition, dont les aspects irréalistes et dangereux sont très bien documentés. Dans une lettre adressée il y a quelques mois aux salarié.e.s de l'aéronautique, nous rappelons qu'il faudrait utiliser la totalité des déchets agricoles et forestiers existants pour produire l'énergie dont aurait besoin l'aviation en 2045, et ce alors que la biomasse devrait avoir d'autres usages bien plus prioritaires^{xviii}. Rappelons aussi qu'aujourd'hui, les agrocarburants ne représentent que 0,002 % de la consommation de carburant aéronautique. Selon l'OACI, cette production pourrait être multipliée par 2 000 en 2032^{xix} : un chiffre impressionnant certes, mais qui ne ramènerait la part des agro-carburants qu'à 4 % des carburants aéronautiques, et encore, sous une hypothèse de trafic constant.

Alors que les concentrations de CO₂ atmosphérique atteignent des niveaux jamais vus depuis des millions d'années et que le risque d'emballement du système climatique est réel^{xx}, l'heure n'est plus aux demi-mesures et encore moins aux effets de communication sans aucune assise scientifique. Si l'aviation a un rôle à jouer dans le monde soutenable qu'il nous incombe de construire aujourd'hui, il est indispensable que les acteurs industriels et gouvernementaux portent un regard lucide sur la situation et en tirent les conséquences qui s'imposent. Nous espérons que les éléments d'information portés ici à la connaissance de toutes et tous y contribueront.

Ce texte est issu du travail d'analyse et de réflexion de l'Atelier d'Ecologie Politique. Il a été écrit collectivement par F. Boone, G. Carbou, J. Carrey, M. Coriat, J.-M. Hupé, L. Teulières, et L. Vieu.

Notes et références

iInterview sur RTL, 22 septembre 2020, à partir de 6'06.

iiLa production d'un kilogramme d'hydrogène avec les techniques actuelles engendre l'émission de 11 kg de CO₂, cf. Richa R. Kothari, D. Buddhi et R. L. Sawhney, « Comparison of environmental and economic aspects of various hydrogen production methods », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(12), 553-563, 2008 et https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_production pour la production d'hydrogène en 2018.

iii1 kg de H₂ produit avec les techniques d'aujourd'hui émet 11 kg de CO₂ (pour la

production). Pour 1 kg de kérosène, c'est 3,3kg de CO₂ (par la combustion). Par contre, l'H₂ contient plus d'énergie par kg: environ 130 MJ/kg pour l'H₂ contre 45 MJ/kg pour le kérosène. Donc 1 MJ de kérosène produit 73 gCO₂ alors que 1 MJ d'H₂ produit 85 gCO₂.

iv « L'hydrogène sera vraiment révolutionnaire si il est produit à partir des renouvelables », *The Conversation*, 9 septembre 2020.

v Calcul effectué à partir du document « Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2018 » de la Direction du Transport Aérien. On apprend ainsi que les vols à destination et en provenance de Toulouse-Blagnac (en ne prenant en compte que la moitié de chaque trajet) ont généré 498 ktCO₂, ce qui représente 6,82 PJ d'énergie en prenant la valeur de 73 grammes de CO₂ par MJ émis par la combustion de kérosène. En prenant en compte le fait que 1 MJ = 0.28 kWh, on arrive à 1,91 milliards de kWh. Une autre manière de le calculer est de considérer la moitié des 9,6 millions de passagers de Blagnac, leurs 800 km parcourus en moyenne, une consommation de kérosène de 4,7 l/100 km par passager, et l'énergie dégagée par le kérosène (34,2 MJ/l). On arrive à 6,15 PJ, ce qui est cohérent avec le chiffre précédent.

vi L'électrolyse de l'eau a un rendement de 70 %, et il est considéré que la liquéfaction, le transport de l'hydrogène liquide et son stockage sont associées à des pertes d'environ 26 %, donnant lieu à un rendement global de 52 % entre l'électricité et l'hydrogène (« Electrofuels, what role in E.U. transport decarbonation », *Transport and environment*, 2017).

vii Un champ d'éolienne moyen en France produit 20 GWh / km². La ferme photovoltaïque installée près de l'Oncopole produit 19,4 GWh sur 0,19 km², ce qui correspond à une production annuelle de 102 GWh/km².

viii Données 2018 selon Eurostat.

ix Paris-Charles-de-Gaulle émet 27 fois plus de CO₂ en 2018 que Toulouse-Blagnac. Cet aéroport admet 10 fois plus de passagers que Blagnac, qui parcourent des distances 5 fois plus importantes, mais pour une consommation au kilomètres réduite d'environ 1/3 car il s'agit de long-courriers.

x 380 TWh sont produits par 58 réacteurs d'après EDF, ce qui correspond donc à 6,55 TWh par centrale.

xi « **ZEROe et le monde de demain** », Collectif SUPAERO-DECARBO. . Voir aussi plus largement l'étude de Staygrounded, « L'illusion de l'aviation verte ».

xii « CO₂ emissions from commercial aviation, 2018 », ICCT (The International Council of Clean Transportation), September 2019.

xiii D. S. Lee et al., The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, P117834, 2020.

xivM. Ponater, S. Pechtl, R. Sausen, U. Schumann et Gerhard Hüttig. Potential of the cryoplane technology to reduce aircraft climate impact: A state-of-the-art assessment. *Atmospheric Environment*, 36(40), 6928-6944, 2006.

xv« Are technology myths stalling aviation climate policy », P. Peeters et al., *Transport. Res. Part D* 44, 30 (2016).

xvi « Can meaningful hope spring from revealing the depth of our climate failure », Kevin Anderson,

xvii « La filière biocarburant conduit inévitablement à la déforestation », La Croix, 19 novembre 2019.

xviii« Lettre aux salariées et salariés de l'aéronautique toulousaine », Atécopol, 6 mai 2020.

xixhttps://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF_Stocktaking.aspx

xxW. Steffen et al., « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 33(115), 8252–8259, 2018.