



Faire un pas de côté

Préambule

L'urgence climatique ne fait que s'amplifier. Les travaux de (et autour de) la COP 26 avancent que, dans le cadre de la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre, l'augmentation de température serait de 2,4°C d'ici 2050 (les accords de Paris, c'est 1,5°C...).

Face aux conséquences (largement documentées par les scientifiques) de cette trajectoire sur l'écosystème humain, des évolutions, quelques fois significatives, de nos modes de vie et de consommation sont inévitables.

Aujourd'hui, certains accélèrent (de toutes façons, la technique sauvera le Monde et puis... les profits, eux, n'attendent pas), d'autres se replient volontairement (en bon ordre quelques fois) ou de manière subie et contrainte (précarité, pauvreté, ghettoïsation, exclusions). D'autres encore parlent (plus ou moins bien) d'effondrement et semblent craindre un grand saut dans le vide. Nous préférons, nous, parler de basculements¹.

Il nous suffirait de faire un « simple » pas de côté dans la bonne direction pour regarder et penser le monde différemment, pour basculer vers des « possibles désirables ». C'est ce petit pas qui est dur à faire car la force d'attraction de l'ancien monde est encore puissante.

A Toulouse, la dépendance extrême du tissu économique et social au secteur de l'aéronautique pose le problème de manière aigue. Si on écoute et analyse le discours ambiant (des industriels, des politiques et de la majorité des médias locaux), tout va repartir comme avant. Certes, la crise a été rude mais les avions vont de nouveau sortir par milliers des chaînes d'Airbus et se vendre « comme des petits pains ». On nous promet que demain, tout ira bien. Les avions verts sillonneront le ciel (sans trainée de condensation, bien sûr) en transportant 8, puis 10, puis 15 milliards de passagers...

La présente note a pour objet de participer au débat sur les conséquences du réchauffement climatique sur le secteur de l'aviation. Elle s'inscrit dans la continuité et complète le texte que nous avons publié en avril 2020² : « Vers une crise économique majeure dans Toulouse et sa région – Toulouse, le syndrome Détroit ? ».

Est-il encore possible de parler de croissance du transport aérien quand on analyse les travaux menés par des élèves, anciens élèves et par des enseignants-chercheurs de l'ISAE - SupAéro sur l'aviation et le climat ? Rien n'est moins sûr.

L'ampleur et les conséquences du réchauffement climatique sur le secteur de l'aviation doivent conduire à une remise à plat du modèle de développement actuel de la métropole toulousaine.

Il est donc urgent que d'autres scénarios que ceux issus de la seule industrie aéronautique soient entendus, discutés. Et de manière publique.

Pascal Gassiot – Fondation Copernic – Antenne de Toulouse

Gilles Daré – UPT - Université populaire de Toulouse

Pierre Bonneau – Attac Toulouse

Jean-Pierre Crémoux – Amis du Monde Diplomatique - Toulouse

¹ Terme emprunté au titre de l'ouvrage de Jérôme Baschet « Basculements – Mondes émergents, possibles désirables » - Editions La Découverte (février 2021)

² <http://www.fondation-copernic.org/index.php/2020/04/29/vers-une-crise-economique-majeure-dans-toulouse-et-sa-region-toulouse-le-syndrome-detroit/>

Faire un pas de côté

Synthèse

Une crise climatique ? Non, un changement d'ère

Le sixième rapport du GIEC – Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat ne fait que confirmer ce que la communauté scientifique internationale écrit depuis des années et des années. Les éléments suivants font aujourd'hui consensus dans la communauté scientifique internationale :

- le changement climatique est, en l'état, irréversible et son origine est anthropique ;
- les désordres climatiques et autres conséquences du réchauffement (largement décrits dans de nombreuses publications) se poursuivront, se multiplieront et s'amplifieront (plus ou moins selon les scénarios) dans les décennies qui viennent ;
- une augmentation de + 1,5°C de la température moyenne sera atteinte quoiqu'il en soit ; et, au regard de l'inaction climatique des grands états, les hypothèses les plus récentes (cf. la COP 26 de Glasgow) avancent l'hypothèse de 2,4°C ;
- l'objectif d'atteindre le plus rapidement possible la neutralité carbone (équilibre entre les émissions liées à l'activité humaine et leur absorption) est une priorité pour limiter le réchauffement climatique.

L'avenir de l'aviation, comme nombre d'autres secteurs de production, **ne peut s'extraire de ce contexte.**

Il est souvent question de la crise climatique. **Le terme de crise** (qui fait référence à un état «passager » suivi, implicitement, d'un retour à « la normale ») **est inadapté** pour qualifier la période qui s'ouvre et dont nous ne sommes qu'aux prémises. **Nous sommes partie prenante d'un changement d'ère** qui exclut, de facto, tout retour en arrière. Si nous ne changeons pas radicalement de cap, après la crise, ce sera toujours la crise ; tout comme après la COP 26, il y aura la COP 27 (en Egypte) et la COP 28 (à Dubaï)...

1 - Quelles pistes pour les nouveaux avions ?

Trois pistes de décarbonation des carburants d'aviation sont à ce jour envisagées : l'électricité, les carburants de synthèse et l'hydrogène.

➔ **L'électricité** (basée sur des batteries embarquées)

L'aviation électrique (basée sur l'utilisation de batteries) semble réservée à des avions de petite capacité pour des distances parcourues relativement faibles et son impact sera anecdotique en termes de réduction des émissions de CO2 du secteur de l'aviation commerciale.

➔ **Les carburants de synthèse**

L'utilisation de carburants alternatifs au kérosène est une des principales pistes annoncées de décarbonation du transport aérien. Ce sont :

- **Les biocarburants** - Leur production en grande quantité conduira à une concurrence en termes de gestion des sols (nourrir l'humanité ou faire voler des avions ? La question se posera en ces termes !) ;
- **Les électrocarburants** - Ce sont des kérosènes de synthèse dont la principale source de carbone est issue du secteur des grandes industries, les aciéries ou bien les cimenteries par exemple.

→ L'avion à hydrogène

Deux technologies sont possibles : la pile à combustible qui produit de l'électricité à partir de l'hydrogène et de l'oxygène de l'air (réaction inverse à l'électrolyse) pour alimenter des moteurs électriques ou bien la conception de nouveaux moteurs pour brûler l'hydrogène « directement » dans une turbine à gaz ; ce qui implique de concevoir un nouvel avion intégrant le transport de l'hydrogène carburant stocké à moins 253°C. Pour rester dans l'objectif d'une aviation bas carbone, il faut que l'hydrogène soit produite à partir d'électricité elle-même bas carbone (éolien, solaire, hydraulique et... nucléaire)³.

L'avion à hydrogène, c'est pour quand ?

En 2035, c'est un petit avion régional qui volera (peut-être) en utilisant une technologie, la pile à combustible (production d'électricité par de l'hydrogène embarqué pour alimenter des moteurs électriques). Un avion de 100 places qui entrera en concurrence frontale avec le transport ferroviaire : voilà ce que propose donc Airbus pour 2035... Quant à l'avion à hydrogène, c'est pour 2050. « *En attendant, l'industrie de l'aviation mise sur les biocarburants. Une transition écologique qui va donc durer* » selon un article de la Dépêche du midi du 5 novembre. En ces temps où la COP26 se réunit à Glasgow et où on nous alerte de manière de plus en plus pressante sur l'urgence climatique qui exige de baisser drastiquement les émissions de GES⁴, annoncer que, pour les 30 années qui viennent, ce sont les biocarburants qui sont l'avenir du transport aérien (le turbo propulseur à pile à combustible annoncé pour 2035 couvrira un segment de marché restreint) pourrait passer pour une provocation quand on sait que la production massive de biocarburant entrera en concurrence frontale avec l'alimentation humaine en termes d'occupation des sols.

Eu égard aux enjeux définis dans le cadre de la SNBC⁵ – Stratégie Nationale Bas Carbone (neutralité carbone en 2050), cela veut dire qu'**il n'y a pas de solution dans les 15 années qui viennent pour décarboner notablement l'aviation.**

2 - Les scénarios à horizon 2050

Les éléments ci-dessous peuvent peser dans l'appréhension du futur de la construction d'avions :

- progrès dans la conception des avions actuels (motorisation, performances « statiques ») et dans la manière de les utiliser de manière plus performante qu'actuellement (gestion des opérations au sol et en vol) ; à périmètre constant, on peut ici espérer un gain de l'ordre de 20% ;
- utilisation de biocarburants et d'électrocarburants qui présentent l'avantage de pouvoir être mélangés au kérosène sans demander de rupture technologique notable (pratique du drop-in) ;
- possibilité ou non d'un avion motorisé à l'hydrogène entrant en service en 2035 avec les contraintes liées au renouvellement des flottes que cela génère.

L'analyse fine des différentes hypothèses construites par les auteurs des deux rapports issus de SupAéro et sur lesquels nous avons appuyé notre analyse permettent de tirer les leçons suivantes :

- **les scénarios dont les conditions de mise en œuvre sont « raisonnables »** (dans le sens où elles reposent sur des conditions de faisabilité crédibles selon les auteurs des rapports eux-mêmes) **conduisent à envisager**, dans l'objectif de limiter le

³ *Autres incidences notables du choix de l'hydrogène comme carburant : celle de la sécurité (risques d'explosion) et celle de la création d'infrastructures dédiées de transport et de stockage qui auront des conséquences sur les zones aéroportuaires et demanderont des investissements très lourds (et payés par qui... ?).*

⁴ GES : gaz à effet de serre

⁵ <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

réchauffement climatique à 1,5°C, **une décroissance du secteur de l'ordre de 10% à 15% d'ici 2050 par rapport au trafic constaté en 2019** ;

- en conséquence, **une croissance du trafic aérien de 4%** dans les années qui viennent, dont nous rappelons qu'il s'agit des bases sur lesquelles les constructeurs, Boeing et Airbus, établissent leurs projets industriels, **n'est donc absolument pas compatible avec les objectifs de décarbonation du transport aérien.**

La question du budget carbone

Le budget carbone traduit ce que l'activité humaine peut émettre sous forme de GES d'ici 2050 pour rester dans la trajectoire d'un réchauffement limité à 1,5°C. Plus nous émettrons de GES dans les années qui viennent, plus nous « consommons » des parts importantes de ce budget (bien avant par exemple la mise en service d'un avion utilisant des carburants bas carbone), moins nous pourrons émettre de GES dans les années suivantes ; et plus les mesures restrictives seront importantes pour contenir le réchauffement climatique dans des proportions permettant de viser la limitation de la hausse de la température globale à 1,5°C.

3 - Derrière l'hydrogène, le nucléaire...

→ Combien de réacteurs nucléaires pour faire voler des avions ?

En 2050, la production totale d'électricité en France serait, selon le scénario « Hydrogène + » élaboré par RTE, de 754 TWh incluant 171 TWh dédiés à la production d'hydrogène. Sur ces 171 TWh, toujours selon l'étude RTE, 56 TWh serait utilisés pour l'aviation.

Etant donné que les besoins en électricité de l'aviation « bas-carbone » sont de 265 TWh, (cf. le scénario Maverick de SupAéro Décarbo basé sur l'absence totale de combustible fossile pour la motorisation des avions), il manque donc 209 TWh **pour produire ces TWh** absents des scénarios RTE. Ce qui correspond à la **construction de 19 réacteurs EPR de type Flamanville** ! On comprend mieux alors pourquoi RTE parle d'importer de l'hydrogène...

→ Quelques considérations sur le nucléaire civil

La mise en œuvre d'une production d'hydrogène reposant sur la filière nucléaire doit nous interroger sur 5 points : les **conditions du prolongement de la durée d'exploitation des centrales existantes**, les **déchets nucléaires**, les **risques d'accidents industriels** du type Fukushima, l'**indépendance énergétique** du pays, l'**acceptabilité sociale et politique** du nucléaire civil.

4 - Et demain ?

→ Combien d'avions à produire et quelles conséquences pour l'emploi ?

Les scénarios les plus vraisemblables conduisent à une réduction du transport aérien et, par effet direct, à une réduction de la production d'avions qui représenterait en 2035 entre 25% et 84 % de celle de 2019 ; soit entre 200 et 700 avions par an pour Airbus. Et ceci dans le cadre d'un renouvellement de la flotte en quinze ans ; ce qui, comme l'écrivent les auteurs des deux rapports issus de SupAéro, est une hypothèse peu crédible. Nul besoin d'argumenter longuement pour imaginer les conséquences de cette baisse de la production sur les territoires concernés...

→ Etre lucides pour pouvoir agir

Nous pouvons résumer nos constats de la manière suivante :

- le respect des accords de Paris (garder l'objectif d'une limitation du réchauffement à 1,5°C et ne pas atteindre 2°C) et l'obligation qu'a le secteur de l'aviation d'évoluer pour prendre toute (et rien que) sa part dans ce processus conduit, inexorablement, à **stopper le développement du transport aérien avec un objectif de croissance zéro, voire à initier la décroissance de celui-ci ; et ceci quelques soient les scénarios ;**

- **la croissance du trafic aérien « revendiquée » des constructeurs à hauteur de 4% par an dans les 20 à 30 années qui viennent n'est donc absolument pas soutenable** ; et représente, en fait, une sorte de « bras d'honneur » en direction de tous ceux et celles, la quasi-totalité de la population mondiale en fait, pour qui prendre un avion n'a rien de vital ni d'essentiel ;
- **derrière la « décarbonation » de l'avion** (l'avion dit « vert ») se cachent en fait un **accaparement des terres pour produire des « bio » carburants⁶ ; et, pour produire de l'hydrogène, un développement très marqué du nucléaire civil** avec 18 réacteurs EPR, rien qu'en France, pour couvrir les besoins de production d'hydrogène dédiés au transport aérien.

L'aviation telle qu'elle s'est développée depuis des décennies est, dans son genre, un parfait résumé, un **concentré, de ce qui n'est plus soutenable**. En particulier consommer des matières premières essentielles pour satisfaire, non des besoins, mais une demande créée de toutes pièces. La conscience montante de la finitude des ressources commence, un petit peu, à structurer notre rapport au monde mais cela doit se traduire par **un(des) choix clair(s) sur ce qu'il est nécessaire et soutenable de produire pour satisfaire les besoins élémentaires de tous**, partout sur la planète : se loger (décentement), boire et se nourrir (sainement), se soigner (gratuitement), se vêtir (durablement), être éduqué (pour s'émanciper), se cultiver (pour s'épanouir). Nous ne pourrons plus nous déplacer⁷ « comme avant », surtout si le prix à payer consiste à choisir entre la prédation des terres (pour produire des agro-carburants⁸) ou bien la construction massive de centrales nucléaires.

La question de l'utilité sociale de l'aviation mérite donc d'être posée, sans détours et avec franchise.

→ Ouvrir le débat

L'avion « vert » est une formule creuse, un élément de langage relevant du « green washing ». Des scénarios pour le futur de nos territoires prenant en compte l'hypothèse vraisemblable d'une réduction du transport aérien (et donc une forte baisse du nombre d'avions produits) doivent être élaborés et débattus collectivement.

Diminuer le temps de travail (travailler moins pour travailler tous), **définir collectivement les besoins** pour déterminer l'utilité sociale des activités productives, **définir des échelles pertinentes et coopérer** entre territoires proches, **démocratiser les entreprises pour décider ensemble, planifier** les changements sur nos modes de production et de consommations qu'exige le pas de côté à effectuer pour rester dans un monde soutenable, sont quelques-uns des **axes du nécessaire débat qui doit impérativement avoir lieu** dans les mois et les toutes prochaines années ; **en région toulousaine comme ailleurs et dans le secteur de l'aviation comme dans tous les autres secteurs** de production et d'échanges (transports terrestres, numérique, etc.).

Les salariés du secteur de l'aviation, **les habitants** des territoires qui **sont les premiers concernés par les enjeux du devenir de l'aviation** doivent prendre toute leur part dans ce débat, crucial pour penser un monde soutenable et, tout simplement, habitable pour l'humanité.

⁶ Nous mettons entre guillemets le préfixe « bio » car il est très hypothétique (peu vraisemblable en fait) que les surfaces cultivées pour produire des carburants le soient sur la base d'une agriculture sans épuisement des terres et sans intrants chimiques... ; la course à la productivité frappera ici aussi.

⁷ Nous n'utiliserons pas ici le terme « voyager ». Nous conseillons la lecture instructive d'un ouvrage très récent de Laurent Castaignède (« La bougeotte, nouveau mal du siècle » - Les éditions Ecosociété) ; en particulier le paragraphe « La fin du voyage », pages 45 et suivantes, à la fin du premier chapitre.

⁸ Si en substitution de la totalité des TWh nucléaires affectés à la production d'hydrogène pour faire voler les avions, il était utilisé des biocarburants, cela représenterait, pour leur production, une surface agricole de 120 000 km² ; soit 22% de la surface totale du territoire métropolitain...

Faire un pas de côté



Rapport

Samedi 25 octobre 2021 – Toulouse.

En cette belle journée de l'automne 2021, quelques trainées de condensation liées au passage d'avions zèbrent le ciel azur au-dessus de l'agglomération toulousaine. Il y a 18 mois, lors de la publication, au cœur de la première vague du Covid, de notre premier texte sur le secteur aérien⁹, le ciel était vierge de toute trainée. Ce signe « sensible » de reprise du trafic aérien doit cependant être mis en rapport avec les derniers chiffres connus (qui concernent le mois de septembre 2021 en comparaison du mois de septembre 2019 - avant le Covid donc) : baisse de 50 % des passagers transportés sur les aéroports de Roissy et Orly avec un trafic international sur la zone Europe en chute de 58,6% (source : ADP). Pour les aéroports gérés par Vinci Airports, la chute est, elle, de 56% pour les aéroports internationaux et de 44% pour les vols domestiques.

Le trafic est donc bien loin d'avoir retrouvé ses niveaux d'avant Covid. Les hypothèses les plus courantes anticipent un retour au niveau du trafic avant pandémie (4,19 milliards de passagers) pour 2024 ou 2025. Certains, plus pessimistes (ou plus lucides ?) annoncent, quant à eux, l'année 2029.

La crise du transport aérien liée au Covid est donc loin d'être terminée. Et en région toulousaine, l'addition payée par les salariés est très lourde : licenciements par milliers chez les constructeurs, chez les sous-traitants de tous rangs et sur la zone aéroportuaire (services marchands et non marchands), baisse des salaires, suppression de conquits sociaux via les APC (comme chez Derichebourg), les PSE (29 PSE en cours ou finalisés dans l'aéronautique et le spatial¹⁰) et autres PDV – Plans de départs volontaires. N'oublions pas, aussi, que cette crise touche aussi les salariés de la filière aéronautique dans d'autres pays comme en Tunisie, chez Latécoère, avec des centaines de licenciements¹¹.

Mais, comme nous l'écrivions dans notre texte d'avril 2019, derrière la crise sanitaire, c'est la crise climatique qui doit nous alerter. Dans ce texte, nous écrivions :

Enfin, question de noircir encore le tableau, se profile une autre crise [derrière celle du Covid]. En fait, elle est déjà là. C'est la crise climatique. Nul besoin de s'interroger sur son existence. Le consensus scientifique autour des travaux du GIEC est avéré. Nous savons que le maintien de notre modèle de développement et nos modes de production, d'échanges et de consommation (dans lequel le transport aérien prend toute sa place), avec leurs conséquences sur l'écosystème humain, est une pure folie. Ce que nous vivons actuellement dans le cadre de la pandémie liée au Covid-19 n'est qu'un avant-goût de ce qui nous attend si nous ne faisons pas un grand pas de côté, si nous n'initions pas collectivement une bifurcation radicale pour prendre le chemin d'un autre modèle ; modèle qui conjuguera décroissance de certains secteurs (comme le transport aérien – les carburants verts annoncés par certains n'y changeront rien...) avec la mise en œuvre de nouveaux modes de vie et de consommation. Il n'y a pas d'avenir pour le transport aérien de masse (le modèle actuel) dans le projet de société à mettre en œuvre pour espérer un futur qui ne sera pas synonyme de crises à répétition voire de guerres. Et nous n'avons pas 50 années devant nous. L'échéance du basculement, c'est 10 ans !

⁹ <http://www.fondation-copernic.org/index.php/2020/04/29/vers-une-crise-economique-majeure-dans-toulouse-et-sa-region-toulouse-le-syndrome-detroit/>

¹⁰ <https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/laeronautique-a-reussi-a-limiter-les-pertes-demplois-en-2020-1314673>

¹¹ https://www.liberation.fr/international/afrique/a-tunis-les-ex-employees-de-latecoere-se-mobilisent-contre-des-licenciements-cibles-20210601_PLPUNUNULNBWJPUCEASM2K3SWY/

Depuis 18 mois, nous avons lu, beaucoup lu, nous avons suivi avec attention les conséquences de la crise Covid sur l'arc des activités humaines et sur le secteur aérien en particulier, nous avons beaucoup travaillé et échangé avec nos amis du collectif « PAD - Pensons l'aéronautique pour demain ». Nous avons pris connaissance et analysé en profondeur différents rapports et, en particulier, ceux produits par les étudiants, anciens étudiants et chercheurs de SupAéro¹². Beaucoup des données traitées dans le présent document sont issues de ces travaux. Nous avons aussi pris en compte deux autres rapports qui viennent d'être publiés : celui de RTE (« Futurs énergétiques 2050 ») ainsi que la dernière version du scénario NégaWatt (« La transition énergétique au cœur d'une transition sociétale »).

Et nous mesurons encore plus aujourd'hui l'urgence de débattre collectivement et de confronter les points de vue. Et ce débat doit être public. Il faut briser l'omerta qui règne sur le devenir du transport aérien et donc sur la fabrication d'avions. En région toulousaine particulièrement où il est très difficile de faire entendre une voix dissonante sur ce sujet.

La COP 26 vient de se clore à Glasgow et montre, s'il en était besoin, que ni les états, ni les multinationales ne prennent le chemin qui pourrait conduire à agir radicalement face aux menaces que fait courir le réchauffement climatique.

« Après avoir joué les prolongations, les négociateurs de la COP26 se sont finalement entendus samedi à Glasgow sur un texte d'accord. Las, la révolution attendue n'a pas eu lieu. Si l'objectif de 1,5° reste sur la table, les engagements pris nous mènent toujours vers un scénario catastrophique de réchauffement de +2,4°C à l'horizon 2100 (...), et le texte de décision finale ne contient pas de disposition suffisamment contraignante pour combler rapidement le fossé avec l'objectif de l'Accord de Paris. Les maigres avancées obtenues sont le résultat de la mobilisation des jeunes, des leaders des communautés autochtones, des activistes et des pays qui sont en première ligne du changement climatique sans qui ces négociations auraient été un total désastre ». Voilà ce qu'écrit « Greenpeace » le 13 novembre dans un communiqué¹³. Et l'ONG d'ajouter :

« Leur trahison [celle des états les plus riches] est double : d'abord ils refusent de mettre sur la table les financements nécessaires pour que les pays les plus vulnérables puissent faire face au réchauffement climatique, ensuite ils mettent en place des crédits carbone pour pouvoir continuer à polluer impunément, au risque de transformer l'Accord de Paris en gigantesque machine à greenwashing. Pour eux, le futur des jeunes générations et la survie de certains pays semblent pleinement négociables, mais pas les intérêts criminels de leurs industries fossiles. »

¹² <https://www.isae-supaero.fr/fr/actualites/le-shift-project-et-le-collectif-supaaero-decarbos-publient-leur-nouveau-rapport/> ; ce premier rapport a été rédigé par un groupe d'élèves et d'anciens élèves (SupAéro Décarbo) et le Shift Project

<https://www.isae-supaero.fr/fr/horizons-186/referentiel-aviation-et-climat/referentiel-aviation-et-climat/> ; Ce second rapport, plus « officiel », a été rédigé par six enseignants et chercheurs de SupAéro coordonnés par Florian Simatos

¹³ <https://www.greenpeace.fr/espace-presse/cop26-un-petit-pas-pour-les-negociateurs-un-rendez-vous-rate-pour-lhumanite/>

Airbus ville...

Les habitants de la région toulousaine ont tous des connaissances, des amis ou des proches qui travaillent chez Airbus ou bien chez les grands équipementiers et sous-traitants. Et au gré des échanges amicaux, tous peuvent constater l'inquiétude sourde qui règne chez les salariés du secteur et qui se trouve renforcée par la crainte de faire partie de ceux qui pourraient rester sur le côté du chemin (pourvu que ce soit mon voisin sur la chaîne de fabrication ou bien dans le bureau d'études qui soit licencié et pas moi...). Difficile pour un salarié du secteur de faire part de ses inquiétudes quant au rôle de l'avion dans le réchauffement climatique ; et encore plus de s'exprimer sur ce sujet, même en privé... Un exemple de cette omerta peut être trouvé dans l'anonymat que sont obligés de garder certains signataires des rapports que nous citons abondamment dans la présente note. Les salariés ont peur, pour leur emploi et/ou pour leur progression dans l'entreprise, de participer ouvertement aux débats publics sur l'avenir du secteur ; sauf si, bien-sûr, leur discours est « Airbus compatible ».

Que pouvons-nous penser, à l'heure où il est nécessaire de « tout remettre à plat », d'une société dite démocratique qui génère, dans les entreprises, l'entrée en clandestinité de salariés interdits de facto de s'interroger publiquement sur la finalité de leur travail et sur l'utilisation de leurs compétences ; et, plus largement, de s'interroger sur le devenir de l'aviation. C'est une véritable chape de plomb qui s'est abattue, depuis longtemps maintenant, sur la région toulousaine.

Cette situation se traduit par la quasi-absence de prise en compte des voix, comme la nôtre et bien d'autres, que nous qualifions de « dissonantes ». Les remarquables travaux effectués par des élèves, des anciens élèves et des enseignants-chercheurs de l'ISAE SupAéro, sur lesquels nous appuyons notre propre travail, et qui remettent en cause les discours lénifiants des industriels, sont marginalisés, voire ignorés. De temps en temps, certains articles de presse¹⁴, peu nombreux, prennent en compte des interrogations de salariés du secteur qui s'interrogent sur le sens de leur travail et font des pas de côté. Quoique l'on pense des « théories » de l'effondrement, cette démarche traduit un vrai malaise dont il est probable, dans les années qui viennent, qu'il prenne de l'ampleur.

En fait, nous sommes bien à « Airbus ville », une agglomération et une région toutes les deux largement dépendantes du nombre d'avions produits ou à produire. Et cela vient de loin. Faut-il rappeler que le développement de l'industrie aéronautique à Toulouse est issu de décisions d'état et qu'Airbus est l'enfant lointain de Sud-aviation puis de la SNIAS qui étaient des entreprises d'Etat. La transformation d'Airbus en SAS en 2001 s'est faite en conservant une part notable d'actionariat public. A ce jour, les états français (11%), allemand (10,9%) et espagnol (4,17%) possèdent 26,07% du capital et les capitaux dits flottants représentent les 73,68% restants. Cette interpénétration historique du public et du privé a généré, avec le temps, toute une technostructure publique (services de l'Etat, de la Région et de la Métropole), parapublique (CCI, agences diverses) et privée (entreprises, syndicats patronaux), toute entière tournée vers le développement sans fin de cette véritable « poule aux œufs d'or » qu'est l'aviation pour l'agglomération de Toulouse. Et gare à ceux qui osent s'interroger, publiquement, sur les conséquences de cette situation de mono-industrie en termes de fragilité du tissu économique et social de toute une région. Cette véritable « chape de plomb » qui pèse sur Toulouse est un frein, un obstacle pour penser collectivement un avenir de l'aviation compatible avec les enjeux climatiques.

Oui, nous le redisons aujourd'hui, **le « syndrome Détroit » n'est pas qu'une expression facile**, une sorte de « punchline » qui aurait marqué les esprits. **C'est un futur possible** et, en l'état, malheureusement vraisemblable pour la région toulousaine. Nous allons expliquer pourquoi.

¹⁴ https://actu.fr/occitanie/toulouse_31555/toulouse-ingenieurs-dairbus-se-preparent-leffondrement-monde_29614388.html

Le 6^{ème} rapport du GIEC

Le sixième rapport du GIEC – Groupe d’experts Intergouvernemental sur l’Evolution du Climat ne fait que confirmer ce que la communauté scientifique internationale écrit depuis des années et des années. En nous appuyant sur une synthèse du rapport du GIEC effectuée par « The shifters » et publié en août 2021¹⁵, les éléments suivants font aujourd’hui consensus dans la communauté scientifique et appuieront la suite de notre analyse :

- le changement climatique est, en l’état, irréversible et son origine est anthropique ;
- les désordres climatiques et autres conséquences du réchauffement (largement décrits dans de nombreuses publications) se poursuivront, se multiplieront et s’amplifieront (plus ou moins selon les scénarios) dans les décennies qui viennent ;
- une augmentation de + 1,5°C de la température moyenne sera atteinte quoiqu’il en soit ; et selon le degré de mobilisation à l’échelle planétaire, l’augmentation pourrait aller de +2°C à +4,4°C ;
- l’objectif d’atteindre la neutralité carbone (équilibre entre les émissions liées à l’activité humaine et leur absorption) est une priorité pour limiter le réchauffement climatique ;
- la limitation « drastique » de l’émission de GES – Gaz à Effet de Serre est donc une obligation si on veut respecter les Accords de Paris (limitation à 1,5°C du réchauffement climatique et rester, dans tous les cas, en dessous des 2°C).

Nul doute n’est donc plus permis. Et la COP 26 de Glasgow n’a fait que confirmer ces faits.

Remarque

*Il est souvent question de crise climatique. **Le terme de crise** (qui fait référence à un état « passager » suivi d’un retour espéré à la « normale ») **est inadapté** pour qualifier la période qui s’ouvre et dont nous ne sommes qu’aux prémices. **Nous sommes partie prenante d’un changement d’ère** qui exclut, de facto, tout retour en arrière. Si nous ne changeons pas radicalement de cap, après la crise, ce sera toujours la crise ; tout comme après la COP 26, il y aura la COP 27 (en Egypte) et la COP 28 (à Dubaï)...*

Chaque pan de l’activité humaine est concerné. Mais cette évolution doit être mesurable pour pouvoir être suivie. C’est pourquoi le GIEC met en avant une quantité maximale de carbone que toutes les activités de l’humanité peuvent encore émettre d’ici 2050. C’est le budget carbone. En effet, les quantités de CO2 déversées dans l’atmosphère terrestre via l’activité de l’humanité se cumulent (le CO2 reste en moyenne un siècle dans l’atmosphère) et se mesurent (en gigatonnes de CO2).

Il est donc question, sur la base cumulée de l’émission des GES depuis le début de l’ère industrielle¹⁶, de maintenir le réchauffement climatique dans des proportions « raisonnables » ; c’est-à-dire ne pas dépasser les 1,5°C (la trajectoire actuelle ne le permet pas...) ou bien contenir l’augmentation du CO2 pour arriver à moins de 2°C (ce qui semble être aujourd’hui, malheureusement, la seule hypothèse vraisemblable au vu du faible niveau d’engagement des états et la grande liberté laissée aux multinationales pour continuer la surexploitation des ressources – cf. la COP 26 de Glasgow). A horizon 2050, le budget carbone encore disponible (donc, nous le rappelons, la quantité de CO2 que l’humanité peut encore émettre d’ici 2050) est de 844 gigatonnes.

¹⁵ « Synthèse du rapport AR6 du GIEC publié le 09/08/2021 – Synthèse vulgarisée du résumé aux décideurs du groupe de travail I de l’AR6 » - The Shifters – 11 août 2021

¹⁶ Nous rappelons et rappellerons que le carbone s’accumule dans l’atmosphère et que diminuer voire stopper les émissions de GES ne résout pas le problème à court terme

Les auteurs du rapport de SupAéro Décarbo estiment que le budget carbone qui, dans ce cadre, peut être alloué au transport aérien au prorata des émissions du secteur en 2018 (2,56% des émissions mondiales de CO₂) est de 536 millions de tonnes (Mt CO₂) au niveau mondial et de 21,6 MtCO₂ au niveau français¹⁷. Ces ordres de grandeur en gigatonnes de CO₂ n'évoquent rien en tant que tels. Mais nous verrons plus avant dans le présent texte comment cela se traduit concrètement pour le secteur du transport aérien.

Dans le rapport « Aviation et climat », les chercheurs de l'ISAE présentent, eux, trois leviers pour diminuer les émissions liées à l'énergie : l'efficacité (même usage avec moins d'énergie utilisée), la décarbonation (utilisation d'une énergie alternative) et la sobriété (réduction des usages). Ce triptyque est de même nature que celui que propose l'association Négawatt¹⁸ comme étant les bases d'une évolution de nos consommations énergétiques dans tous les secteurs de l'activité humaine : sobriété, efficacité et énergies renouvelables.

Décarboné ou bas-carbone ?

Il est souvent question de l'utilisation d'énergie décarbonée pour parler des énergies non fossiles. C'est une erreur de terminologie (rien, en fait, n'est totalement décarboné) et nous utiliserons le terme, plus juste, de « bas carbone » en lieu et place de décarboné. Par contre nous continuerons à utiliser le terme de décarbonation pour évoquer le processus qui consiste à remplacer les énergies fossiles par des énergies « bas carbone ».

La situation climatique est donc largement dégradée : le budget carbone mondial correspondant à 1,5 °C d'augmentation de la température sera entièrement utilisé en moins de 10 ans au rythme des émissions pré-covid. Ce qui nécessite que les émissions commencent à décroître dès à présent et de manière significative, à un taux comparable à celui engendré par la crise sanitaire (environ moins 7 %) ; crise sanitaire qui a mis à mal la production de l'activité humaine (et les déplacements de personnes qui vont avec). Et plus cette décroissance des émissions tardera, plus elle devra être forte dans les décennies qui suivront.



L'avion à hydrogène : un coup de bluff ? Une baudruche qui se dégonfle ?

¹⁷ Rapport SupAéro Décarbo – page 4

¹⁸ <https://negawatt.org/Scenario-negaWatt-2022-100>

1 - La décarbonation de l'aviation

En préalable, il convient de prendre en compte les mesures qui peuvent permettre d'**abaisser les besoins de l'aviation en termes « structurels »**. Elles concernent les opérations en vol ou au sol et les avancées technologiques (motorisation comme les « open rotors », profilage et aérodynamique, allègement, etc.)¹⁹. Ces différentes mesures, largement détaillées dans le rapport de SupAéro Décarbo et dans de nombreuses publications, permettent d'envisager, à horizon 2035, de nouveaux avions consommant entre 20 et 30% de moins que les meilleurs avions actuels comme l'A320neo²⁰.

Ces mesures peuvent être considérées comme vertueuses car elles diminuent les consommations de carburant indépendamment de la nature de celui-ci. Comme le dit l'adage mis en avant, il y a bien longtemps maintenant par la « défunte » AFME – Agence française pour la maîtrise de l'énergie, « ancêtre » de l'ADEME : **l'énergie la moins chère (et la moins émettrice pouvons-nous ajouter aujourd'hui) est celle que l'on ne consomme pas**.

Au-delà des différentes hypothèses concernant la part des différentes énergies (électricité, hydrogène, bio-carburants) dans le mix énergétique de l'avion bas carbone et sur laquelle nous reviendrons, **la question essentielle est celle du trafic**. Plus il y a d'avions (et donc de passagers) et de km parcourus, plus les consommations d'énergie sont élevées. Continuer à faire progresser le transport aérien de 4% par an (ce sont encore, à ce jour, les prévisions des constructeurs) revient à faire voler près de 11 milliards de personnes en 2050 contre 4,2 milliards en 2019 (chiffre repris en base pour l'année 2025) ; soit une multiplication par 2,75. Même en améliorant les performances incrémentales (structurelles) des avions de 25% au total d'ici 2050, ces 11 milliards de passagers vont consommer une très grande quantité d'énergie. Au moins deux fois la consommation actuelle du secteur en espérant que les mesures incrémentales seront aussi efficaces qu'espéré. Et il faut impérativement que cette énergie soit bas carbone.

La question des effets non CO2

Si on intègre les émissions non CO2 (en particulier le NOx et la suie) ainsi que les trainées de condensation (forçage radiatif) qui sont propres à l'aviation, la part de l'aviation sur le réchauffement anthropique peut être estimée à 5,1% sur la période 2000/2018²¹. Les mesures qui pourraient être prises à court terme devraient avoir un impact sensible et rapide car ces émissions non CO2 ne sont pas ou très peu, à la différence du carbone, cumulatives²². Nous ne les prendrons donc pas en compte dans nos analyses.

¹⁹ A ce sujet, la lecture du chapitre 5 du rapport « Aviation et climat » est fort instructive

²⁰ Rappelons que l'intensité énergétique par km/passager a déjà été réduite de 80% entre 1970 et 2018 (et que durant cette même période, le trafic a été multiplié par 12...).

²¹ Rapport « Aviation et Climat » - SupAéro, op. cité - page 154

²² Dans leur rapport, les auteurs écrivent : « Une différence fondamentale entre les effets CO2 et non-CO2 tient à leurs échelles de temps différentes. Ainsi, alors qu'une partie du CO2 émis reste dans l'atmosphère pendant des siècles, les cirrus de traînées persistent au plus quelques jours et les aérosols restent au plus un an dans l'atmosphère (et au maximum un mois s'ils sont émis dans la troposphère. En conséquence, l'impact des effets CO2 est cumulatif et sur le long terme, alors que l'impact des effets non-CO2 est instantané et sur le court terme. Il s'ensuit que l'impact des effets CO2 dépend de la valeur absolue des émissions cumulées de CO2, alors que, toutes choses égales par ailleurs, l'impact des effets non-CO2 dépend principalement de la variation des émissions annuelles de l'aviation. »

Quelles pistes pour les nouveaux avions ?

Trois pistes de décarbonation des carburants d'aviation sont à ce jour envisagées : l'électricité, les carburants de synthèse et l'hydrogène.

1.1 - L'électricité basée sur les batteries

L'aviation électrique (basée sur l'utilisation de batteries) semble réservée à des avions de faible capacité pour des distances parcourues relativement faibles. Un seul chiffre pour bien comprendre les limites de l'aviation électrique : pour stocker une même quantité d'énergie, la masse d'une batterie électrique est 43 fois supérieure à celle du kérosène... ; ce qui revient à faire voler des batteries ! Le chemin à parcourir semble donc encore très long pour imaginer que l'électricité puisse être utilisée de manière notable dans l'aviation.

Parmi les projets en cours de développement, un des modèles qui semble être sur la voie de la production est « local », celui de la société Aura Aéro basée à Franczal (ancien aéroport militaire de l'agglomération toulousaine) qui embarquera, à horizon 2026, 19 passagers pour des trajets de 400 km en 100% électrique²³. Au-delà, des 400 km, c'est un turbo-réacteur au kérosène qui produira l'électricité de complément... Au vu des caractéristiques de l'appareil, le segment de marché semble très faible et représente une très faible part des passagers qui pourraient, à terme, être transportés. Si elle se développe (ce qui est loin d'être prouvé), l'aviation électrique, au regard des aspects techniques et au vu du segment de marché concerné (les courts courriers uniquement), n'aura qu'un impact très faible en termes de réduction des émissions de CO₂ du secteur de l'aviation commerciale.

Et pour en terminer, il faut bien sûr que cette électricité soit elle-même bas carbone...

1.2 - Les carburants de synthèse

L'utilisation de carburants alternatifs au kérosène (le kérosène le plus couramment utilisé est appelé jet fuel A-1 dans le langage de l'aviation) est une des principales pistes annoncées de décarbonation du transport aérien.

Si la source de carbone utilisée est la biomasse (considérée comme renouvelable), il s'agit de biocarburant. Si cette source de carbone est du CO₂ capté à la source ou bien dans l'atmosphère, il s'agit alors d'électrocarburants.

***Remarque** : le terme de SAF – Sustainable Aviation Fuel est souvent utilisé ; mais celui de carburant de synthèse est plus précis et permet de bien séparer les biocarburants des électrocarburants.*

Les biocarburants

Il y a plusieurs types de biocarburants : ceux issus de la transformation en kérosène de sucres ou d'huiles végétales ; ceux utilisant la lignocellulose des plantes qui correspondraient aux résidus agricoles et forestiers, de cultures dédiées (herbacées ou arbres) et, enfin ceux issus du recyclage comme les huiles de cuisson usagées ou bien les matières grasses d'origine animale²⁴.

Un des biais les plus notables de l'utilisation de certains biocarburants est celui de la temporalité : le CO₂ généré par la combustion des biocarburants aura un impact immédiat sur le réchauffement climatique ; impact qui ne sera compensé que plus tard (de quelques années à plusieurs décennies selon les types de plantations), ce qui est peu compatible avec l'urgence climatique (voir remarque ci-après). Comme l'écrivent les auteurs du rapport « Aviation et climat » (§ 6.3.2, page 102), nous nous situons donc là dans le domaine d'une convention de comptabilité carbone et non sur une réalité physique. En effet, la combustion d'un

²³ <https://www.ladepeche.fr/2021/10/25/aura-aero-decroche-une-commande-de-200-appareils-9890055.php>

²⁴ https://air-cosmos.com/article/premier-vol-dun-airbus-a319neo-avec-100-de-carburant-durable-25500?utm_source=Sociallymap&utm_medium=Sociallymap&utm_campaign=Sociallymap&fbclid=IwAR099-33Nr-1QxjiPUT1SuvnZtFyWsceEV3YXd8xb0vljG0na_aZyR_HZKw

biocarburant émet approximativement autant de CO₂ qu'un carburant d'origine fossile... (voir la remarque ci-dessous).

Et ceci en sachant que leur production en grande quantité conduira à une concurrence en termes de gestion des sols ; utiliser les sols pour l'agriculture dédiée à l'alimentation humaine, pour les forêts au titre de la biodiversité et l'absorption du carbone ou bien utiliser les sols pour la production de carburant... ? Cette question est fondamentale. Comme l'écrivent les auteurs du rapport « Aviation et climat » : « *Le développement de la bioénergie engendre [donc] des problèmes potentiellement aussi importants que le réchauffement climatique (déclin de la biodiversité, famines), qui contraignent l'échelle à laquelle ces solutions peuvent être déployées de manière durable* ».

Biocarburants et CO₂

Dans le rapport « Aviation et climat », déjà cité, les auteurs précisent : « (...) si l'on ne considère que les émissions de CO₂ liées à la combustion du carburant, alors l'impact d'un remplacement du kérosène par un biocarburant, par exemple, est négligeable car la combustion de carburant d'origine fossile ou végétale émet quasiment autant de CO₂. En fait, l'intérêt potentiel des biocarburants réside dans le fait que le CO₂ émis pendant leur combustion a été capté pendant la croissance de la biomasse : il provient donc de l'air et non des réserves géologiques, et ces émissions ne viennent pas s'ajouter au CO₂ de l'atmosphère puisqu'il en aura été préalablement capté. »

Les électrocarburants

Il s'agit de kérosènes de synthèse dont le carbone provient du dioxyde de carbone qui réagit avec de l'hydrogène (produit par électrolyse de l'eau) pour former le kérosène. La principale source de carbone est issue du secteur des grandes industries, les aciéries ou bien les cimenteries par exemple. La production de ces électrocarburants (dénommés aussi « P-t-L – Power to Liquid dans le jargon du secteur) demande une grande quantité d'électricité. Si cette électricité est produite par l'utilisation d'énergies fossiles, cela revient, en fait, à augmenter les émissions de CO₂... Il existe aussi la possibilité de produire des électrocarburants par utilisation du carbone « ambiant » (celui contenu dans l'air que nous respirons) mais sa concentration très faible (0,04%) génère des surcoûts notables pour sa collecte. Un des effets induits de la captation du carbone en sortie d'usine serait de conduire certains industriels à continuer à produire de grandes quantités de CO₂ au motif que celui-ci est recyclé dans la fabrication de carburant considéré comme « décarboné ». Dans le monde de la finance, le blanchiment d'argent est bien connu ; va-t-on assister au « blanchiment du carbone » dans l'industrie ?

Important

Les carburants alternatifs (biocarburants et électrocarburants) présentent cependant deux avantages. Ils ne demandent pas de rupture technologique notable en termes de motorisation ou de profil des appareils et peuvent être utilisés en mélange, plus ou moins important, avec le kérosène (la pratique du « drop-in »).

1.3 - L'avion à hydrogène

C'est le choix qui a été fait par Airbus avec le plein soutien du gouvernement français. A première vue, cela semble intéressant car 1 kg d'hydrogène contient autant d'énergie que 3 kg de kérosène. Mais il faut aussi considérer la densité volumique de l'hydrogène qui est quatre fois plus faible que celle du kérosène. Donc, pour une quantité d'énergie donnée, il faut un volume quatre fois plus important pour stocker de l'hydrogène liquide dans des réservoirs cryogéniques (l'hydrogène doit être maintenu à – 253 °C). Ces contraintes physiques impliquent des changements technologiques notables (voir les pré-projets indicatifs présentés par Airbus lors du lancement de son plan ZEROe en septembre 2020).

Sans entrer dans les détails, deux technologies de motorisation sont possibles : la pile à combustible qui produit de l'électricité à partir de l'hydrogène et de l'oxygène de l'air (réaction inverse à l'électrolyse) pour alimenter des moteurs électriques²⁵ ou bien la conception de nouveaux moteurs pour brûler l'hydrogène « directement » dans une turbine à gaz.

Selon les sources, la consommation énergétique finale varie notablement comme le montre le rapport aviation et climat (tableau 6.3 page 95). Actuellement, la quasi-totalité de l'hydrogène produit au niveau mondial est issue des énergies fossiles. Donc, toujours pour rester dans l'objectif d'une aviation bas carbone, il faut que l'hydrogène soit produit à partir d'électricité elle-même bas carbone (éolien, solaire, hydraulique et... nucléaire).

Autres incidences importantes du choix de l'hydrogène comme carburant : celle de la sécurité (risques d'explosion) et celle de la création d'infrastructures dédiées de transport et de stockage qui auront des conséquences sur les zones aéroportuaires et demanderont des investissements très lourds (payés par qui ?). Les modifications des infrastructures aéroportuaires rendues nécessaires par le choix de l'hydrogène-carburant risquent de réduire de manière importante le nombre des aéroports pouvant accueillir des avions à hydrogène. Cela n'est pas sans rappeler les obstacles qui ont pesé sur le déploiement de l'A380 (allongement des pistes et aéroports dédiés).

Sur ce sujet de l'avion à hydrogène, un certain scepticisme quant à sa faisabilité se fait jour dans le milieu même de l'aéronautique. Dans un entretien accordé au journal « La Tribune » en juillet 2021, Michel Wachenheim, Président de l'Académie de l'Air et de l'Espace et ancien directeur de l'aviation civile, exprime très clairement les défis technologiques auquel doit répondre l'avion à hydrogène (volume d'hydrogène nécessaire, complexité technique avec de nouvelles normes de sécurité à élaborer, création d'infrastructures de production et de distribution dans les aéroports) et précise : *« Ce ne sont là que les principaux défis. L'innovation technologique permettra sans doute d'en relever un certain nombre, mais les contraintes de volume et de poids (qui relèvent des lois de la physique, valables aujourd'hui, en 2035 et au-delà !) pourront difficilement être contournées, ce qui fait que ce type de propulsion ne pourra être envisagé à court et moyen terme que sur des avions à rayon d'action de 500 à 1 000 km pour l'hydrogène gazeux, et environ jusqu'à 2 000 km pour l'hydrogène liquide, selon les chiffres avancés par les experts présents au colloque de l'Académie en mars dernier. Ainsi cette solution, pour aussi séduisante qu'elle soit, n'impactera que très minoritairement les émissions de l'aviation dont les deux tiers proviennent des vols moyens et long-courriers ».*

Et nous pouvons ajouter ici une vraie contradiction quant aux perspectives de déploiement de l'avion à hydrogène : si c'est sur le segment des courts courriers que l'avion à hydrogène peut espérer avoir une pertinence technique, cet avion à hydrogène entrera alors en concurrence frontale avec le transport ferroviaire de passagers ; transport ferroviaire dont le développement est considéré comme pertinent eu égard aux performances respectives du train par rapport à l'avion en termes d'émissions. Le débat sur l'interdiction des vols dès lors qu'une alternative à l'usage de l'avion est possible en est la meilleure expression. Le gouvernement a fixé la barre à 2h30 (mais en ne l'imposant qu'au groupe Air France...) alors que la convention pour le climat avait proposé 4h ; et, très récemment, Greenpeace²⁶ vient de produire une étude visant à mettre la barre à 6h (ce qui concerne plus d'un tiers des 150 liaisons les plus fréquentées d'Europe).

²⁵ C'est cette hypothèse qui semble aujourd'hui tenir la corde ; cf. la Dépêche du Midi du 5 novembre 2021 citée plus avant dans la présente note

²⁶ <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/aerien-greenpeace-demande-linterdiction-de-certaines-lignes-europeennes-1358768>

L'avion à hydrogène, c'est pour quand ?

A la une de la Dépêche du Midi du 5 novembre 2021, un titre « *Airbus redécolle* » et un sous-titre « *Après une année 2020 difficile, l'avionneur toulousain repasse dans le vert. Airbus vient d'annoncer un bénéfice de 2,6 milliards d'euros à fin septembre* ». Ce niveau du bénéfice d'Airbus laisse pantois quand on le met en perspective avec les milliers d'emplois supprimés dans la filière aéronautique, avec la situation de salariés qui ont été obligés, sous peine de licenciement, d'accepter une diminution de leurs salaires (via les APC et autres PSE) et avec les aides directes et indirectes apportées par le gouvernement dans le cadre du plan de relance de juin 2020 (voir le texte d'analyse de ce plan sur le site de l'Université Populaire de Toulouse²⁷).

Dans la suite de cette édition, la Dépêche publie un article²⁸ « *Avion vert : la longue marche vers l'hydrogène* » dans lequel il est indiqué que « *Cet avion-là [il faut entendre l'avion à hydrogène] sera certainement un avion régional à hélices avec une jauge passagers sous la barre des 100 sièges* ». Et de préciser que « *même si Airbus a présenté trois concepts d'avions zéro émission (un turbopropulseur à hélices, un dérivé de l'A320 et une aile volante), celui qui tient la corde est le plus petit de la famille. Plus facile à concevoir et à industrialiser et embarquant une pile à combustible, il permettrait de tenir le calendrier agressif fixé par Guillaume Faury* ». Et l'article de conclure : « *Quant à l'hydrogène pour propulser un A320, ce sera plutôt pour la génération suivante, vers 2050. En attendant, l'industrie de l'aviation mise sur les biocarburants* ». Cette information, un moyen-courrier à hydrogène pas avant 2050, délivrée par un journaliste en charge du suivi du secteur aéronautique et d'Airbus et en général bien informé, est loin d'être anodine. En fait, cet article dégonfle la baudruche de l'avion à hydrogène ; ou plutôt effectue un rétropédalage notable. Pour 2035, c'est donc un petit avion régional qui volera (peut-être) en utilisant une technologie, la pile à combustible (production d'électricité par de l'hydrogène embarqué pour alimenter des moteurs électriques), déjà opérationnelle dans d'autres secteurs, vers laquelle semble se diriger l'avionneur. Un avion de 100 places, à vocation régionale, qui entrera en concurrence frontale avec le transport ferroviaire : voilà ce que propose donc aujourd'hui Airbus pour 2035... Quant à l'avion à hydrogène, c'est pour 2050. Et le journaliste de la Dépêche de conclure en écrivant : « *En attendant, l'industrie de l'aviation mise sur les biocarburants. Une transition écologique qui va donc durer.* »

En ces temps où la COP26 de Glasgow vient de conclure ses travaux et où on nous alerte de manière de plus en plus pressante sur l'urgence climatique qui exige de baisser drastiquement les émissions de GES, annoncer que, pour les 30 années qui viennent, ce sont les biocarburants qui sont l'avenir du transport aérien (le turbo propulseur à pile à combustible annoncé pour 2035 couvrira un segment de marché restreint) pourrait passer pour une provocation quand on sait que la production massive de biocarburant entrera en concurrence frontale avec l'alimentation humaine en termes d'occupation des sols (voir paragraphe suivant). Et puisqu'il est question d'urgence, il est bon de rappeler que les biocarburants sont considérés comme bas-carbone sur la base d'une convention de comptabilité des émissions de carbone dans un cadre temporel. En effet, un avion qui utilise des bio-carburants émet autant de CO₂ qu'un avion volant au kérosène ; CO₂ qui va s'accumuler dans l'atmosphère. La « seule » différence est que les biocarburants ne sont pas fossiles et que leurs émissions de carbone sont compensées, à terme, par la replantation d'essences destinées à re-fabriquer du carburant...

²⁷ <http://universitepopulaireretoulouse.fr/spip.php?article2085>

²⁸ <https://www.ladepeche.fr/2021/11/05/avion-vert-la-longue-route-vers-lhydrogene-9910079.php>

2 - L'électricité et son origine au cœur des enjeux

Sans entrer dans les détails et selon les différentes sources de notre analyse, la part des carburants alternatifs au kérosène d'origine fossile dans le mix énergétique de l'aviation est à appréhender. Certaines projections conduisent à prévoir que les biocarburants représenteraient, au maximum, 20% de la consommation énergétique mondiale de l'aviation en 2050²⁹ ; notons qu'en 2018, leur part dans les carburants utilisés dans l'aviation était de 0,004 % - une quantité négligeable donc. On voit bien ici le saut quantitatif extrêmement important qui reste à faire avec les éventuelles conséquences en termes de conflits d'usage des sols que nous avons déjà évoqués... Enfin, et c'est là toute la complexité des raisonnements, la part quantitative prise par les biocarburants dans le mix énergétique de l'aviation va varier selon le trafic aérien ; ce n'est pas la même chose de considérer 20% de biocarburants pour faire voler 4 milliards de passagers ou pour en faire voler 11 milliards. L'impact de cette consommation en termes de concurrence sur l'utilisation des sols et de la biomasse peut donc varier notablement selon les scénarios de développement du trafic d'ici 2050.

Une fois les biocarburants pris en compte et en considérant, en l'état, que l'avion électrique à batteries restera une production de niche, le reste de l'énergie utilisée pour produire les carburants pour l'aviation (P-t-L et hydrogène) sera donc électrique (que ce soit pour la production de kérosène de synthèse – les électrocarburants – ou bien pour la production d'hydrogène carburant).

L'électricité nécessaire, dont nous rappelons qu'elle doit être totalement bas carbone, peut avoir deux grandes origines : les énergies renouvelables (principalement l'hydraulique, l'éolien terrestre ou offshore, le photovoltaïque) et le nucléaire.

Le mix énergétique à horizon 2050 présenté par RTE en cet automne 2021 avec ses différents scénarios est argumenté à l'aide de la déclinaison de 18 enseignements. L'enseignement n°10 concerne très directement le sujet de l'hydrogène³⁰ (pour le détail du rapport de RTE concernant l'hydrogène, le lecteur peut consulter le volet 9 du rapport³¹).

Le développement de l'hydrogène est censé répondre à deux objectifs : en premier (levier prioritaire), « *décarboner les usages actuels de l'hydrogène et en développer de nouveaux dans l'industrie ou le transport de marchandises* » et, en second (levier à long terme) « *développer le stockage d'hydrogène flexible dans la perspective de scénarios à haute proportion en énergies renouvelables* ».

Dans le premier levier qui nous intéresse au premier chef (le second levier est celui d'utiliser l'hydrogène comme moyen de stockage/déstockage d'énergie), il s'agit de remplacer l'hydrogène dit « fossile » (issu du gaz, du pétrole et du charbon) actuellement utilisé par l'industrie par de l'hydrogène dit « bas carbone ». Cet hydrogène a aussi vocation, toujours selon RTE, « *à se développer dans le secteur de la mobilité lourde ; en particulier le transport routier longue distance* ». Cet usage génère, dans le scénario référent élaboré par RTE, une production électrique annuelle de 50 TWh (7,7% de la consommation finale d'énergie). Notons que même dans cette hypothèse, il faut, toujours selon RTE, « *continuer à importer des combustibles pour approvisionner certains secteurs contraints comme le transport aérien* ».

²⁹ Rapport « Aviation et climat » - op.cité – page 156

³⁰ Enseignement n°10 « Créer un « système bas-carbone » performant est un atout pour décarboner certains secteurs difficiles à électrifier et une nécessité dans les scénarios à très fort développement en renouvelables pour stocker l'énergie ». Rapport « Futurs énergétiques 2050 » - RTE – page 40

³¹ https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/BP2050_rapport-complet_chapitre9_hydrogene-couplages.pdf

et maritime ». D'autres secteurs sont, en France, identifiés dans la variante Hydrogène+ du rapport et « *impliquent de développer en même temps que l'offre hydrogène bas-carbone, une demande pour cette énergie : ammoniac pour le transport maritime, bio-fuels [carburants de synthèse / électrocarburants] pour l'aviation* ». Et le rapport de poursuivre : « *pour certains de ces usages, il n'existe pas de consensus sur la place de l'hydrogène par rapport à l'électrification directe ou l'utilisation d'agrocarburants* ». Ces usages cumulés (industrie et transport) génèreraient, dans ce scénario Hydrogène+, une consommation d'électricité d'environ 170 TWh (22,6% de la consommation finale d'énergie). Donc, comme le disent eux-mêmes les auteurs du rapport RTE, ceci conduit à envisager dans cette hypothèse « *l'import d'hydrogène depuis d'autres parties du monde* ».

Cette question de la production et de la consommation d'hydrogène bas-carbone est au cœur de la réflexion sur le devenir du transport aérien (et donc sur celui de la construction d'avions). Le choix effectué par Airbus et appuyé par le gouvernement de faire de l'avion à hydrogène le cœur de la fabrication des nouveaux avions va donc se heurter à la disponibilité d'hydrogène bas-carbone.

La question de la temporalité

Airbus prévoit l'entrée en service de son avion à hydrogène pour 2035. Cet objectif reste à confirmer au regard de l'avancement de la R&D du groupe (voir l'encart précédent sur les dernières informations en provenance d'Airbus publié par la Dépêche du Midi le 5 novembre) et au temps, imprévisible aujourd'hui, que mettront les instances internationales à certifier ces appareils qui représentent une vraie rupture technologique. Eu égard aux enjeux définis dans le cadre de la SNBC (neutralité carbone en 2050), cela veut dire qu'hormis un certain nombre de mesures, qualifiées couramment d'incrémentales, que nous avons précédemment pris en compte et dont l'impact, bien réel et durable, sur les consommations ne sera que progressif, **il n'y a pas de solution dans les 15 années qui viennent pour décarboner notablement l'aviation**. L'utilisation du « drop-in » (intégration de bio-carburants de synthèse dans le kérosène voire l'intégration de carburants P-t-L) permettra de faire baisser la consommation de carburants fossiles mais pas à la hauteur, et de très loin, des objectifs de baisse des émissions de GES.

Et, toujours dans l'hypothèse d'une mise en service d'un avion à hydrogène en 2035, la question du rythme de renouvellement de la flotte se posera. Ce sujet du rythme de renouvellement de la flotte (remplacer les avions utilisant du kérosène par des avions utilisant de l'hydrogène) est un enjeu essentiel. Les deux rapports issus de SupAéro, largement cités, pointent, l'un comme l'autre, ce sujet. Pour imaginer une flotte sans émissions de GES en 2050, il faut donc renouveler, entre 2035 (date de mise en service d'un avion à hydrogène) et 2050 (échéance annoncée de la neutralité carbone), la totalité de la flotte d'avions (donc en 15 ans contre, en moyenne, 25 ans aujourd'hui) ; ce qui, il faut en convenir, n'est encore qu'une hypothèse, tant en ce qui concerne sa faisabilité technique qu'en ce qui concerne sa date éventuelle de certification.

Tout ceci semble difficile à imaginer dans le cadre d'une trajectoire de croissance du transport aérien de 4% l'an dans les 15 ans qui va demander la construction de nombreux avions qui seront mis en service avant 2035 (et qui donc n'intégreront pas une éventuelle motorisation à hydrogène) pour faire face à la croissance, espérée par certains, du transport aérien (ces projections à 4% de croissance du trafic laissent entrevoir 6,17 milliards de passagers en 2035 ; soit 1,97 milliards de passagers transportés en plus par rapport à 2025, année à laquelle le transport aérien aurait retrouvé ses niveaux d'avant Covid). Chaque année à cette période, Boeing publie son rapport (considéré comme une référence dans le secteur) sur les prévisions

pour la construction aéronautique³². D'ici 2040, le constructeur nord-américain envisage une demande 43.610 nouveaux avions... A l'occasion du salon aéronautique de Dubaï, Airbus vient de son côté de publier ses propres estimations³³ : 39 000 nouveaux avions d'ici 2040 ! dont près de 29 700 avions court/moyen courrier de type A220 et A320.

Cette équation (croissance du trafic demandant de nouveaux avions, dont le carburant ne sera que peu décarboné, devant être remplacés, avant même que d'avoir été amortis, par des avions à hydrogène) est difficile à résoudre dans le cadre d'un scénario de croissance continue et élevée du transport aérien. A moins d'une aide massive (des dizaines et dizaines de milliards d'euros) des états qui, par ailleurs, arguent de moyens financiers limités car il leur faut mobiliser des budgets pour répondre à d'autres besoins plus urgents de l'humanité, même dans les pays dits avancés : se nourrir, se loger, se soigner, être éduqués, etc.

Cette perspective de croissance du transport aérien, même si elle est peu compatible avec les objectifs de réduction des émissions de CO₂, est spécialement alléchante pour les constructeurs qui se voient bien construire les milliers et milliers d'avions qui sont encore en commande actuellement. Continuer à construire des avions, quoiqu'il en coûte... climatiquement.

Nous nous retrouvons en fait dans une situation dans laquelle l'aviation va continuer, dans les décennies qui viennent, à émettre des tonnes et des tonnes de CO₂. **L'aviation doit prendre toute sa part dans l'objectif d'une neutralité carbone en 2050. Et les prévisions de croissance telles qu'elles sont aujourd'hui avancées par les industriels ne le permettront pas.**

Depuis le début de notre analyse, et nous rejoignons en cela le travail effectué par ailleurs (nous n'avons rien inventé...), nous avons pris en compte les éléments suivants qui peuvent peser dans l'appréhension du futur du transport aérien et, donc, de la construction d'avions ; nous les rappelons :

- progrès dans la conception des avions actuels (motorisation, performances « statiques ») et dans la manière de les utiliser de manière plus performante qu'actuellement (gestion des opérations au sol et en vol) ; à périmètre égal, on peut ici espérer un gain de l'ordre de 20% ;
- utilisation de biocarburants et d'électrocarburants qui présentent l'avantage de pouvoir être mélangés au kérosène sans demander de rupture technologique notable (pratique du drop-in) ;
- possibilité d'un avion motorisé à l'hydrogène entrant en service en 2035 avec les contraintes liées au renouvellement des flottes que cela génère.

Les impacts de ces différents éléments (progrès conceptuels et d'usage ; utilisation de carburants alternatifs ; motorisation à hydrogène) couplés avec la prise en compte d'une temporalité contrainte ne sont pas compatibles avec l'enjeu d'une contribution du secteur aérien, à hauteur de ses émissions, aux objectifs fixés par l'accord de Paris ; soit une limitation du réchauffement climatique à 1,5°C.

On sait aujourd'hui que cet objectif de limitation à 1,5°C risque de ne pas être atteint et beaucoup des scénarios développés le sont dans le cadre d'un objectif proche de 2°C...

³²https://www.rtbef.be/info/economie/detail_boeing-prevoit-deux-fois-plus-d-avions-dans-le-ciel-dans-20-ans?id=10843348

³³https://actu.fr/occitanie/toulouse_31555/pour-airbus-les-compagnies-aeriennes-auront-besoin-de-39-000-nouveaux-avions-d-ici-2040-malgre-le-covid_46419007.html?utm_source=newsletter&utm_medium=newsletter&utm_campaign=39+000+nouveaux+avions+d%27ici+2040+%3F+Les+pr%C3%A9visions+optimistes+d%27Airbus+

La question du budget carbone

Comme nous l'avons écrit dans l'introduction du présent rapport, une des bases de la prospective concernant la lutte contre le réchauffement climatique est celle de la quantification d'un budget carbone. Pour maintenir le réchauffement climatique dans des proportions « raisonnables », c'est-à-dire ne pas dépasser les 1,5°C d'augmentation (mais la trajectoire actuelle ne le permet pas...) ou bien contenir cette augmentation à moins de 2°C (ce qui semble être aujourd'hui la seule hypothèse vraisemblable) à horizon 2050, le budget carbone encore disponible (la quantité de CO₂ que l'humanité peut encore émettre d'ici 2050) est de 844 gigatonnes. Les auteurs du rapport de SupAéro Décarbo estiment que le budget carbone qui, dans ce cadre, peut être alloué au transport aérien au prorata des émissions du secteur en 2018 (2,56% des émissions mondiales de CO₂) est de 536 millions de tonnes (Mt CO₂) au niveau mondial et de 21,6 MtCO₂ au niveau français³⁴.

De leur côté, et après moult précautions méthodologiques, les scientifiques, auteurs du rapport « Aviation et climat », estiment pour leur part que l'aviation commerciale représente 2,6% des émissions de CO₂ en 2018. Ce chiffre est donc très voisin de celui avancé par le rapport de SupAéro Décarbo.

Nous rappelons que le budget carbone traduit ce que l'activité humaine peut émettre sous forme de GES d'ici 2050. Plus nous émettrons de GES dans les années qui viennent, plus nous « consommerons » des parts importantes de ce budget (bien avant par exemple la mise en service d'un avion utilisant des carburant bas carbone), moins nous pourrons émettre de GES dans les années suivantes et plus les mesures restrictives seront importantes dans l'objectif de contenir le réchauffement climatique dans des proportions permettant de viser la limitation de la hausse de la température globale entre 1,5 et 2°C.

C'est sur ces bases que nous pouvons affirmer qu'au regard des délais de mise en service d'avions utilisant des carburants bas-carbone et des délais de renouvellement de la flotte des avions propulsés par du kérosène, il est peu vraisemblable que l'aviation puisse rester dans le budget carbone qui lui serait alloué (536 MtCO₂ au niveau mondial et 21,6MtCO₂ au niveau français). Surtout si la croissance du transport aérien repart sur les bases de ce que prévoient les acteurs du secteur aérien (4% par an, nous le rappelons).

La complexité repose donc ici sur la prise en compte de plusieurs facteurs de nature assez différente et qui interagissent entre eux. Mais, deux de ces facteurs sont déjà cadrés (au sens où leurs limites sont déjà appréhendées). Il s'agit :

- de l'impact de la performance intrinsèque des avions (que nous avons qualifiées de structurelles) qui devraient permettre de baisser la consommation de carburant des avions (indépendamment du carburant utilisé) de 25% ;
- de l'utilisation de biocarburants dont une production « massive » entrerait en concurrence frontale avec un besoin autrement plus crucial que celui de voler, celui de se nourrir ; les auteurs du rapport « Pouvoir voler en 2050 » précisent : « *Les études scientifiques disponibles à ce jour montrent qu'en cas de forte croissance du trafic, il est peu probable que les biocarburants représentent plus de 20 % de la consommation énergétique mondiale de l'aviation en 2050* ».

Les auteurs des rapports prennent aussi en compte d'autres éléments comme le coefficient de remplissage des avions qui pourrait (devrait) être supérieur à 90% (contre environ 82% en 2018³⁵).

³⁴ Rapport SupAéro Décarbo – page 4

³⁵ <https://www.businesstravel.fr/les-sieges-vides-sont-de-plus-en-plus-rares-dans-les-avions.html>

Remarque sur le programme CORSIA

Ce programme, qui doit être mis en place en 2021 sous l'égide de l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) est un système de réduction et compensation carbone destiné à compenser une partie des émissions des vols internationaux³⁶. Cette compensation se fera par l'acquisition d'unités de compensation d'émission destinées à financer des projets de réduction et/ou de captation du CO2. CORSIA vise deux objectifs : améliorer le rendement du carburant aérien de 2% par an d'ici 2050 et stabiliser le niveau d'émissions pour une croissance neutre en carbone à partir de 2020. Ce programme est encore en gestation et son opérationnalité est encore largement à prouver. Un interview de Nicolas Haeringer dans la revue Basta!³⁷ donne un éclairage intéressant sur les marchés de compensation et leurs effets, par certains côtés « délétères », sur les terres avec des plantations massives d'essences (pauvres pour la plupart).



Des terres pour nourrir les êtres humains ou pour faire voler des avions ?

³⁶ <https://dekkha.com/corsia-exigences-du-programme-et-enjeux-associes/>

³⁷ <https://basta.media/COP26-contenir-le-rechauffement-climatique-GIEC-climat-charbon-nucleaire-renouvelable-Glasgow>

3 - Les scénarios à horizon 2050

Les différents scénarios développés dans les documents de référence (Rapport SupAéro Décarbo et rapport de l'ISAE-SupAéro nous le rappelons) conduisent à déterminer quelles seraient les évolutions du trafic aérien nécessaires pour que l'aviation respecte (ou plus exactement essaie de respecter) un budget carbone compatible avec la limitation du réchauffement climatique.

Au bout du compte, les deux études se complètent bien et nous permettent d'essayer de nous projeter dans les années qui viennent, qui, chacun le sait, seront cruciales.

En effet, ces projections sont le résultat de deux approches assez similaires. Ces deux approches partent des mêmes constats et s'appuient sur les travaux du GIEC, balayent les futurs possibles, adoptent une démarche systémique et tracent les trajectoires possibles et leurs résultats (bruts et/ou en tendance). Elles diffèrent dans leur portance : l'une est un travail de réflexion collective argumentée d'anciens et futurs ingénieurs de l'ISAE-SupAéro accompagnée par un think tank « The Shift Project » ; l'autre a été menée par un groupe d'enseignants-chercheurs de la même école est plus « académique » sous forme d'une communication scientifique.

SupAéro montre la voie

Comme le lecteur s'en est sans doute rendu compte et comme nous venons de la préciser, nombre des données que nous analysons sont issues de la production intellectuelle d'élèves, anciens élèves et enseignants de l'ISAE-SupAéro. Nous ne pouvons que nous féliciter que des femmes et des hommes qui travaillent ou travailleront dans le secteur aérien s'interrogent, sans complaisance, sur l'impact du transport aérien sur le climat et prennent le sujet à bras le corps et dans toutes ses dimensions. C'est un indice, un marqueur, de la prise de conscience montante des enjeux du réchauffement climatique dans l'ensemble de la société et dans la jeunesse en particulier ; y compris donc au cœur du complexe scientifique et industriel de Toulouse, capitale européenne, voire mondiale, de l'aéronautique. Le mouvement touche aussi d'autres grandes écoles³⁸. On attend avec beaucoup d'intérêt ce que seraient capables de produire les élèves, anciens élèves et enseignants de grandes écoles sur les secteurs du nucléaire, du numérique, de la finance et de l'économie, de la chimie, du médicament et de la santé en général, de l'aménagement du territoire...

Toute la difficulté consiste à essayer de « mettre sur un même plan » les résultats de deux approches dont certaines des composantes ne sont pas tout à fait traitées de la même manière. Néanmoins, avec quelques « contorsions » et sans trop de biais, on peut essayer de résumer les conclusions comme suit.

➔ **Dans le rapport ISAE** (fig. 7, page 13 du document de synthèse), **dans le cadre d'une augmentation de 1,5°C** de la température et d'une allocation de 2,6% du budget carbone mondial au transport aérien, **le taux de croissance du trafic à horizon 2050 est compris**, selon les trois scénarios développés (T, TD et RT – Tableau 2, page 13), **dans une fourchette entre moins 10 et moins 15%**. Et il faudrait que le budget carbone alloué à l'aérien soit de 6% du budget carbone mondial (2,3 fois le budget calculé au prorata des émissions du secteur) pour arriver à une croissance de 3% du secteur, voisine de celle de 4% avancée par les constructeurs. **Dans l'hypothèse d'une hausse de 2°C des températures** (non-respect des

³⁸ <https://www.nytimes.com/fr/2021/01/30/world/europe/etudiants-grandes-ecoles-environnement.html>
https://www.lemonde.fr/campus/article/2021/10/13/la-revolte-enquete-sur-cette-elite-de-la-nation-qui-veut-travailler-autrement_6098195_4401467.html

accords de Paris avec toutes les conséquences directes et indirectes de cette augmentation des températures sur l'écosystème humain) et sur les trois scénarios tendanciels, seul un des trois scénarios permet d'atteindre un taux de croissance du trafic proche de 3% (2,9% précisément). Ce scénario (le scénario RT) repose sur les éléments suivants (cf. tableau 2, page 13) : amélioration annuelle de l'efficacité énergétique des avions de 1,5% entre 2020 et 2050, 92% de taux de remplissage des avions, réduction de 12% des consommations via les opérations (en vol et au sol) et 100% de la flotte utilisant des carburants bas-carbone. Ce dernier critère (part de la flotte utilisant des carburants bas carbone) se heurtera au rythme de renouvellement de la flotte précédemment évoqué dans le présent document.

Un scénario TD avec des indicateurs moins favorables (cf. tableau 2 page 13 du rapport de synthèse), en particulier 50% de la flotte utilisant des carburants bas-carbone et une moindre efficacité des opérations (en vol et au sol), conduit à envisager une **croissance 0 du transport aérien** pour rester dans le budget carbone mondial alloué au transport aérien. A moins, comme pour le scénario précédent, d'accepter que le transport aérien se voit doté d'un budget carbone bien supérieur à son empreinte...

➔ **Dans le rapport SupAéro Décarbo**, deux principaux scénarios (Maverick et Iceman) sont mis en avant **dans le cadre d'une limitation de la température à +2°C avec une probabilité de 67%**. Ils reposent (cf. le tableau page 6 de la synthèse du rapport) sur des gains sur les opérations en vol et au sol (qui ne varient pas selon le scénario), sur un bloc de mesures (gains technologiques - optimistes selon les auteurs-, entrée en service de courts et moyens courriers à hydrogène en 2035, mise en service en 2035 d'un long courrier pouvant voler avec 100% de carburants alternatifs (ni kérosène, ni hydrogène) -ce bloc de mesure étant décalé de 5 ans dans le scénario Iceman par rapport au scénario Maverick-, un renouvellement de la flotte en 15 ans pour le scénario Maverick et de 25 ans pour le scénario Iceman et, enfin, sur l'attribution de 100% de la production de carburants alternatifs à l'aviation pour le scénario Maverick contre 50% dans le cas du scénario Iceman. Sur ce dernier point, on ne peut que s'interroger sur des hypothèses qui consistent à affecter au transport aérien 50% voire 100% des carburants alternatifs. A quel titre l'aviation serait-elle autorisée à capter, à cette hauteur là (que ce soit 50% ou 100%), la production des carburants alternatifs ? Et les autres activités liées au transport, que font-elles ? Elles s'arrêtent... ? Aucun de ces deux scénarios n'est compatible avec une croissance de 4% du secteur aérien et les auteurs d'écrire (page 6 du document de synthèse) : « (...) *aucune trajectoire réaliste ne peut conduire à l'objectif sans réduire la croissance du trafic* ».

Le scénario Maverick, que les auteurs qualifient eux-mêmes de très optimiste, conduit, dans le cadre d'un respect du budget carbone alloué au secteur aérien, à une croissance du trafic de 2,52% en 2025 avec une courbe tendancielle aboutissant à une baisse de 3% en 2035. Le scénario Iceman, considéré comme le plus réaliste par les auteurs du rapport, conduit lui à une **décroissance du trafic dès 2025 et une baisse d'ici 2035 de 15,6%**. (cf. figure 2 – page 6 de la synthèse du rapport).

Remarque importante : si le scénario Maverick conduit à la suppression totale du kérosène comme carburant, prérequis que les auteurs du rapport jugent « intenable » en termes de capacité à produire le carburant 100% bas-carbone nécessaire à couvrir les besoins (il faudrait par exemple un parc éolien dédié à l'aérien qui représenterait 8 fois le parc éolien français installé en 2019 qui a produit cette année-là 34,1 TWh d'électricité), le scénario Iceman prévoit, lui, de continuer à y recourir à hauteur de 60% des besoins ; ce dernier n'est donc pas un scénario bas-carbone... Et pourtant, les rédacteurs du rapport considèrent celui-ci comme le plus « tenable ». Dans l'optique de garder un champ de réflexion plutôt ouvert, nous avons choisi, tout au long de la présente note, de garder le scénario Iceman, qui est donc très loin d'être bas-carbone, comme pouvant faire partie du champ des possibles.

L'analyse fine des différentes hypothèses construites par les auteurs des deux rapports permettent de tirer les leçons suivantes :

- **une croissance du trafic aérien de 4% dans les années qui viennent**, dont nous rappelons qu'il s'agit des bases sur lesquelles les constructeurs, Boeing et Airbus, établissent leurs projets industriels, **n'est absolument pas compatible avec les objectifs de décarbonation du transport aérien** ; et chaque année qui passe sans actions radicales de décarbonation aura un impact sur l'ampleur de limitation des émissions de CO₂ de l'aérien dans les années suivantes (il faut encore et toujours rappeler que les émissions de CO₂ se cumulent dans le temps) ;
- **les prévisions d'augmentation du trafic compatibles avec le respect des objectifs de décarbonation du secteur** (2,9 % pour le rapport de l'ISAE-SupAéro et 2,52 % pour le rapport SupAéro Décarbo) **sont basées sur un alignement très favorable, très peu crédible** en fait, **des différents indicateurs de calcul** ; par exemple, le scénario Maverick de SupAéro Décarbo prévoit, nous le rappelons, 100% de la production de carburants alternatif dédiée à l'aviation (ce qui laisse un peu songeur...) et un renouvellement complet de la flotte (motorisation bas-carbone) en 15 ans. C'est peu ou prou la même chose pour le scénario RT de l'ISAE qui prévoit lui aussi 100% de la flotte utilisant des carburants bas-carbone en 2050 avec donc, là aussi, un renouvellement complet de la flotte en 15 ans entre 2035 et 2050 ;
- un simple principe de précaution devrait conduire à « éliminer » ces scénarios très optimistes et à **ne prendre en compte que les scénarios dont les conditions de mise en œuvre sont « raisonnables »** (dans le sens où elles reposent sur des conditions de faisabilité crédibles) ; cela correspond, « grossièrement », au scénario Iceman de SupAéro Décarbo ou au scénario TD de SupAéro. Ces deux scénarios conduisent :
 - ✓ **pour le scénario Iceman de SupAéro Décarbo à une décroissance du secteur aérien allant de -0,8% en 2025 jusqu'à -15,6% en 2035** ; donc, là où les prévisions des constructeurs conduisent à faire voler près de 11 milliards de passagers en 2050 (contre 4,19 milliard en 2025 – retour au niveau du trafic d'avant Covid), ce scénario aboutit à un trafic de 3,5 milliard de passagers en 2050 (soit trois fois moins que les prévisions des constructeurs...) ;
 - ✓ **pour le scénario TD de SupAéro, à une décroissance du secteur aérien de l'ordre de 10%** (3,8 milliards de passagers en 2050 contre 4,19 en 2025) dans l'hypothèse d'un budget carbone en correspondance avec les émissions du secteur et **dans l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C** et à une **croissance nulle** (trafic stable à 4,2 milliards de passagers) **dans le cas où l'objectif serait de ne pas dépasser 2°C.**

Nous rappelons que les bases d'élaboration de ces deux scénarios référents pour la suite de notre analyse reposent sur « l'acceptation » d'un réchauffement de 2°C (et non sur la base d'un réchauffement limité à 1,5°C). Les conséquences de ces scénarios, les plus vraisemblables en l'état, sur le trafic aérien auront un impact très fort sur le marché de la construction d'avions ; nous y reviendrons dans la suite de la présente note.

La question du budget carbone alloué à l'aviation

Les scénarios présentés ci-avant reposent sur l'objectif que le secteur aérien n'utilise pas un budget carbone supérieur à celui qui lui est alloué au prorata des émissions du secteur. Ce qui, nous le rappelons, conduit à allouer, au secteur aérien, un budget carbone de 536 millions de tonnes (Mt CO₂) au niveau mondial et de 21,6 MtCO₂ au niveau français. Face aux conséquences économiques et sociales que chacun peut pressentir de cette croissance nulle du transport aérien (scénario TD de SupAéro) voire d'une décroissance (de 15,6 % dans le scénario Iceman de SupAéro Décarbo), la tentation est forte d'allouer au secteur aérien un budget carbone supérieur à celui pris en compte dans les scénarios que nous venons de retenir. Là, nous nous situons clairement dans des « choix de société » car augmenter le budget carbone alloué à l'aérien revient à faire baisser le budget carbone d'autres secteurs. Hormis de déterminer quels seraient les secteurs concernés (qui devraient donc faire plus d'efforts que de prendre leur simple part), on peut s'interroger sur cette forme de dérogation à l'effort collectif dans un secteur d'activité aussi marqué socialement que l'avion. Aujourd'hui, 50% des émissions de GES du secteur de l'aérien sont le fait de 1% des voyageurs, les plus riches bien évidemment. Et rappelons que 90% de la population mondiale (80% selon Boeing) et 40% de la population française n'ont jamais pris l'avion. En France plus particulièrement, les CSP + sont sur-représentées dans les passagers aériens et les cadres supérieurs (9,4% de la population) font 17 fois plus de trajets que les ouvriers (12% de la population).

Moins d'avions...

Cette sortie du cadre (cadre qui est de n'allouer à un secteur d'activité que la part du budget carbone qui correspond à son niveau d'émissions) ne trouve pas de justification autre que celle de vouloir conserver, outre des privilèges pour une infime partie de la population, un niveau d'activité permettant de construire des avions en grand nombre. Il faut le dire, surtout **en région toulousaine : il est illusoire de continuer à bâtir un projet de territoire reposant sur une mono-industrie vouée à connaître un retournement de conjoncture aussi notable, qu'il soit subi ou programmé.** Le projet de construction de 40 000 avions dans les décennies qui viennent (prévisions d'Airbus et de Boeing) n'est pas compatible avec le respect des accords de Paris. Dans le meilleur des cas, le nombre d'avions en service devrait stagner et dans le cas d'une décroissance de 15,6% du trafic, le nombre d'avions en service devrait diminuer par rapport à 2019... **Derrière la crise du Covid que nous avons traitée dans nos textes du printemps 2020 se « cachait » donc bien la crise climatique d'une ampleur d'autant plus durable qu'elle ne peut être résolue par une invention. Le vaccin contre la crise climatique n'existe pas...** Cette crise appelle des bouleversements radicaux dans nos modes de vie, dans nos modes de production et de consommation. Nous y reviendrons.

4 - Derrière l'hydrogène, le nucléaire...

Après avoir amélioré les avions en termes que nous qualifions de structurels (et donc indépendants du combustible utilisé) et après avoir pris certaines mesures de limitation du recours à l'avion (cf. les propositions des auteurs des rapports cités dans le présent document), la question centrale est celle du carburant. Le kérosène, carburant fossile, ne devant plus être utilisé pour faire voler des avions, deux types de carburants, nous le rappelons, sont envisageables : les carburants de synthèse (biocarburants et électrocarburants) et l'hydrogène. Comme nous l'avons écrit précédemment, l'électricité comme mode de motorisation n'est pas une solution opérante (sauf à la marge et pour des marchés de niche).

La disponibilité en biocarburants, même si elle peut augmenter de manière notable par rapport à la situation actuelle, est limitée car leur production massive entrerait, nous le rappelons, en conflit ouvert avec les besoins en surface de sols destinées à produire l'alimentation humaine.

Pour continuer à faire voler des avions avec un carburant qualifié de bas-carbone, l'hydrogène est donc la solution mise en avant par Airbus avec le soutien plein et entier du gouvernement français.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, deux modalités d'utilisation de l'hydrogène peuvent être envisagées³⁹ : la fabrication de kérosène de synthèse sous forme de P-t-L (Power to Liquid) et l'utilisation « directe » de l'hydrogène comme carburant. Une des principales différences entre ces deux types de carburants est celle de leur impact sur la conception des avions.

Dans le premier cas, l'hydrogène permet de fabriquer du kérosène de synthèse (P-t-L) utilisable en remplacement du kérosène fossile et ceci sans modification notable des avions et de leur motorisation.

Dans le second cas, l'hydrogène est utilisé directement comme combustible (soit pour alimenter une pile à combustible soit pour être utilisé directement dans les turbines) ; ce qui implique une rupture technologique importante dans la conception et la motorisation des avions ; en particulier pour tenir compte du volume de carburant et des contraintes liées à l'embarquement d'un combustible devant être maintenu à une température de – 253 °C avant son utilisation.

Selon les projections effectuées par SupAéro Décarbo dans le cadre du scénario Iceman, la quantité d'énergie électrique nécessaire à la fabrication, pour l'aviation, de P-t-L et à la fabrication de l'hydrogène liquide est de 141 TWh (91 TWh pour fabriquer le P-t-L et 50 TWh pour l'hydrogène).

Remarque : ce scénario prévoit que le kérosène (Jet A-1) serait encore nécessaire au mix énergétique et représenterait 60% des 14,4 millions de tonnes de carburant nécessaire à faire voler les avions (tableau 10, page 79) ; à titre de comparaison, pour le scénario Maverick, que les auteurs considèrent comme peu vraisemblable, la quantité d'énergie nécessaire pour n'utiliser que des carburants bas carbone (plus aucune utilisation du kérosène – cf. tableau 9, page 77) serait de 265 TWh (165 TWh pour les P-t-L et 100 TWh pour l'hydrogène).

³⁹ Un autre processus de production d'hydrogène existe, celui des réacteurs « VHTR » à très haute température. Ce processus, basé sur le cycle « soufre-iode » (https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_soufre-iode) est encore expérimental et les premiers réacteurs sont attendus à horizon 2030.

Combien de réacteurs nucléaires pour faire voler des avions ?

Préambule

Force est de constater que l'étude menée par SupAéro Décarbo, de grande qualité nous le redisons et qui permet d'évaluer le nombre de TWh électriques nécessaires pour faire voler les avions, n'aborde absolument pas la question de l'origine de ces milliards de kwh qui seront à produire une fois l'ensemble des mesures destinées à abaisser les besoins prises et après qu'une partie notable de ces besoins ait été couverte par des énergies bas carbone autres que le nucléaire. Le rapport est pratiquement muet à ce sujet ; comme si le fait d'écrire le mot nucléaire était une sorte d'interdit⁴⁰. Ce sujet du nucléaire n'est abordé que de manière indirecte au § 9.4.5 page 118 quand les auteurs citent le groupe Rolls Royce qui envisage de se diversifier dans la production de réacteurs nucléaires de type SMR – Small Modular Reactor... Il est donc ici intéressant d'évoquer l'association « The Shift Project » qui a coproduit le rapport de SupAéro Décarbo. Créé et animé par Marc Jancovici, ce « think tank », largement financé par de grandes entreprises (EDF, Bouygues, Vinci, BNP-Paribas, Enedis...) s'avère être un relai de premier ordre du lobby électronucléaire français⁴¹. On comprend alors mieux pourquoi l'étude de SupAéro Décarbo s'arrête là où devrait s'ouvrir le débat sur l'origine de l'électricité dite « bas-carbone ».

Un réacteur nucléaire de 900 MW de puissance (la moitié des réacteurs en service en France sont des réacteurs de cette puissance) produit, en cycle courant, 6 TWh d'électricité par an.

Un simple calcul permet de déterminer que pour couvrir les besoins en électricité du scénario Iceman (141 TWh –soit 40% de carburants bas-carbone sur le total de l'énergie consommée), il faut utiliser l'énergie produite par 23 réacteurs nucléaires (141 TWh de besoins divisés par 6 TWh, production d'un réacteur de 900 MW) ; et pour couvrir les besoins du scénario Maverick (265 TWh totalement bas-carbone), il faut l'énergie produite par 44 réacteurs nucléaires de 900 MW de puissance.

Une autre approche, plus occitane, conduit à calculer que cela représente la production de 18 réacteurs de 1 350 MW pour le scénario Iceman soit 9 sites nucléaires civils comme celui de Golfech dans le Tarn-et-Garonne (2 réacteurs) ; et 35 réacteurs de 1350 MW pour le scénario Maverick, soit 17 sites comme Golfech.

Ces chiffres sont donc proprement vertigineux.

Nous y reviendrons dans la suite du document en prenant en compte les prévisions de production d'électricité effectuées par RTE dans son rapport « Futurs énergétiques 2050 ».

Les ordres de grandeurs de ces projections sont voisins des calculs effectués par les chercheurs de l'Atécopol – Atelier toulousain d'écologie politique qui, dans une tribune publiée en septembre 2020 sur leur blog de Médiapart⁴², avaient estimé de leur côté, sur la base des chiffres de trafic de 2018, qu'il faudrait 16 réacteurs nucléaires pour couvrir les besoins en hydrogène de l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle... Dans ce même texte, les auteurs ont aussi calculé que, toujours dans l'hypothèse d'une couverture des besoins de Roissy mais avec de l'hydrogène produit uniquement avec des EnR (hors nucléaire donc), il faudrait 1 000 km² de panneaux photovoltaïques ou bien 5 000 km² de surface au sol pour recevoir entre 10 000 et 18 000 éoliennes... Soit la surface d'un département comme le Lot (5 226 km²) !

⁴⁰ Dans le rapport de SupAéro Décarbo, le mot nucléaire est écrit 9 fois ; et sans que celui-ci ne soit associé aux prévisions de production future d'électricité...

⁴¹ https://basse-chaine.info/?Jancovici-une-imposture-ecologique-628&fbclid=IwAR0tHfAEPx_IQ9H-EL_bXr9SxrmIGjDLnAmzlxIPcWnvR1-zrK5mXY7dl-E

⁴² <https://blogs.mediapart.fr/atelier-decologie-politique-de-toulouse/blog/290920/avion-hydrogene-quelques-elements-de-desenfumage>

La question de l'électricité disponible

Un autre ordre de grandeur mérite d'être mis en avant. Selon EDF/RTE, la production totale d'électricité en France en 2019 est de 537,7 TWh. Sur cette production, les EnR (hydraulique, éolien, solaire et bioénergies) représentent 115,6 TWh, soit 21,5%. Les projections de SupAéro Décarbo, avec des besoins de 141 TWh pour le scénario Iceman et de 265 TWh pour le scénario Maverick montrent que même l'affectation de l'ensemble des TWh issu des EnR à la production d'hydrogène ne permettrait pas de couvrir les besoins de l'aviation au stade où elle en était en termes de trafic en 2019...

Nous pouvons aussi citer le rapport des chercheurs de l'ISAE, déjà largement référencé dans la présente note, dans lequel il est écrit (page 14) : « *La demande en électricité bas-carbone pourrait elle aussi se heurter à des limites de disponibilité, certains scénarios pour l'aviation en 2050 prévoyant ainsi que le secteur aérien aura besoin de plus de 30 % de la totalité de l'électricité produite au niveau mondial* ».

Ces importants besoins en électricité liés à la décarbonation de l'aviation ont-ils été pris en compte, et sous quelle formulation, dans les scénarios déclinés dans le plan « Futurs énergétiques 2050 » présenté par RTE en cet automne 2021 ? Nous avons, pour répondre à cette interrogation, analysé le rapport produit par RTE sous un angle de vue particulier : celui de la prise en compte totale ou partielle des besoins liés à l'aviation et l'hydrogène.

En 2050, et selon les différents scénarios (avec leurs variantes) développés par RTE, la production totale d'électricité en France varierait entre, au minimum, 555 TWh (scénario « Sobriété ») dont 47 TWh dédiés à la production d'hydrogène et, au maximum, 754 TWh (scénario « Hydrogène + ») incluant 171 TWh destinés à la production d'hydrogène.

Ces chiffres (entre 47 TWh et 171 TWh d'électricité pour produire de l'hydrogène, tous usages et pas seulement liés à l'aviation, dans le cadre des scénarios développés par RTE) sont à mettre en rapport avec les besoins d'électricité bas-carbone, toujours pour produire de l'hydrogène mais dédiés à l'aviation, tels qu'ils sont définis dans les scénarios de SupAéro Décarbo (rappel) :

- 141 TWh pour le scénario Iceman (scénario qui, nous le rappelons, n'est décarboné qu'à 40%) ;
- 265 TWh pour le scénario Maverick (« totalement » bas-carbone).

Il y a donc une vraie distorsion (le mot est faible), en ce qui concerne les prévisions de production d'hydrogène, entre les scénarios RTE de production et les besoins définis par l'étude SupAéro

Nous pouvons aussi constater que **dans le rapport de RTE « Futurs énergétiques 2050 », la couverture des besoins générés par le trafic aérien n'est pas abordée directement ; c'est, en fait, un angle mort des analyses.** Comme nous l'avons précédemment noté, la production d'hydrogène « bas carbone » telle qu'elle est quantifiée dans les scénarios de RTE devra servir au stockage « temporaire » de l'énergie pour permettre son utilisation comme réserve « tampon » destinée à être déstockée dans le cadre de la gestion du mix énergétique (cet usage est aussi qualifié de « Power-to-Gas-to-Power»). C'est cet usage de stockage / déstockage d'énergie qui est actuellement dévolu uniquement aux STEP – Station de transfert d'énergie par pompage (réserves d'eau en amont et en aval d'une turbine permettant de produire ou de consommer de l'énergie selon les besoins de régulation de la production ; il en existe 6 en France). Nous avons en Occitanie, à Montézic dans la vallée de la Truyère dans l'Aveyron, une installation de cette nature d'une puissance de 910 MW (puissance équivalente à celle d'un réacteur nucléaire).

Puis, toujours dans les scénarios RTE⁴³ et au-delà de sa fonction de stockage/déstockage, l'hydrogène sera utilisé (cf. fig. 9.5 page 138) comme vecteur énergétique (transport routier et ferroviaire, production de chaleur), sous forme de combustible de synthèse (pour le transport aérien et maritime) et pour les usages industriels (raffineries, production d'ammoniac, sidérurgie et autres usages industriels). On voit bien ici que l'utilisation de l'hydrogène pour l'aviation représentera, dans tous les cas, une faible part de l'hydrogène qui serait produit en France. Dans le rapport RTE (volet 9 - Le rôle de l'hydrogène et des couplages, page 379), cette utilisation de l'hydrogène pour l'aviation se fait, toujours selon le scénario de RTE, uniquement pour la fabrication de carburant de synthèse P-t-L ; carburant dont nous rappelons qu'il peut être utilisé directement (le drop-in) dans l'aviation en mélange avec le kérosène ou bien en remplacement de celui-ci. **RTE n'a donc pas intégré l'utilisation « directe » de l'hydrogène comme carburant. Or, c'est sur cette dernière modalité d'utilisation de l'hydrogène que repose** (que reposait ? – cf. l'édition du 5 novembre de La dépêche du Midi) **le plan de relance gouvernemental de l'aviation**. De là à penser que le projet d'avion à hydrogène porté par Airbus et le gouvernement français, qui implique une vraie rupture technologique, n'est encore qu'une simple idée (et donc pas un projet), y compris pour RTE, il n'y a qu'un pas que nous pouvons franchir...

Pour conclure sur cet aspect de la prospective, une analyse de la figure 9.6, page 380, du rapport RTE, montre que dans l'hypothèse de mise en place du scénario « Hydrogène + », un tiers de l'électricité consommée pour produire l'hydrogène (environ 56 TWh sur 171 TWh) serait affecté au transport aérien ; bien loin donc des besoins issus des scénarios évoqués ci-dessus avec respectivement 141 et 265 TWh... Et derrière ces chiffres se cache l'hypothèse, selon le rapport de RTE (§ 9.7.3, page 395), du « *recours possible à des importations* ». Même si le rapport indique que : « (...) *le maintien d'une part de dépendance à d'autres pays pour des combustibles tels que l'hydrogène n'est pas jugé souhaitable pour un certain nombre d'acteurs* ».

Un autre élément que nous pouvons prendre en compte est celui du positionnement de l'autre fabricant d'avion, Boeing, qui, à notre connaissance, ne fait pas le choix de développer un avion utilisant directement l'hydrogène liquide comme carburant. Lucidité ou bien manque d'anticipation ? L'avenir nous le dira.

Donc, soit le projet d'avion à hydrogène carburant doit être abandonné et il faut le décider vite (le temps presse), soit le projet est poussé à bout, jusqu'à la certification et la commercialisation (15 ans dans le meilleur des cas) et nous risquons alors de nous retrouver face à un échec industriel lié, au-delà de la faisabilité de ce nouvel avion⁴⁴, à des externalités négatives ; entre autres la faiblesse de la disponibilité d'hydrogène bas-carbone pour l'aviation, l'approvisionnement des aéroports et les aménagements lourds de ceux-ci ; à l'instar de ce qui s'est passé pour le Concorde (un avion qui a bien volé mais qui n'a jamais trouvé son marché pour des raisons multiples, dont le bruit, qui ont été largement analysées par ailleurs⁴⁵) ou pour l'Airbus A 380 (qui a lui aussi volé mais dont le marché avait été surestimé et qui ne pouvait être accueilli que par un faible nombre d'aéroports (les hubs en fait) pour cause d'allongement des pistes et de modification, voire de création, d'aérogares)⁴⁶. Et n'oublions pas que chaque année qui passe sans décarbonation de l'aviation augmente d'autant les efforts à mettre en œuvre pour rester dans le budget carbone alloué au secteur...

⁴³ https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/BP2050_rapport-complet_chapitre9_hydrogene-couplages.pdf

⁴⁴ <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/avion-nous-sommes-hydrogene-nous-etions-essence-debut-aviation-73099/>

⁴⁵ <https://www.lhistoire.fr/concorde-chronique-dun-%C3%A9chec-annonc%C3%A9>

⁴⁶ <https://www.sudouest.fr/economie/transports/airbus-pourquoi-l-a380-a-t-il-ete-un-echec-2819615.php>

Et si les avions volaient vraiment à l'hydrogène, combien de réacteurs nucléaires dans le cadre des prévisions de RTE (Rapport « Futurs énergétiques 2050 ») ?

Allons un peu plus loin. Les constats, et les analyses qui en découlent, que nous venons d'effectuer indiquent que, quoiqu'il en soit, pour faire voler des avions utilisant des carburants « bas carbone », il va falloir construire des centrales nucléaires⁴⁷.

Et en plus grand nombre que celui prévu par les scénarios de RTE. Dans les scénarios de mix de production à horizon 2050⁴⁸, le gouvernement Macron/Castex semble avoir choisi celui (le scénario NO3) qui prévoit la prolongation des centrales existantes à hauteur de 24 GW de puissance et la construction, à terme, de 14 EPR et quelques SMR⁴⁹ pour environ 27 GW de plus ; soit 51 GW de puissance nucléaire installée.

Les dernières communications gouvernementales font état du choix pour l'implantation des premiers EPR. Il s'agit des sites de Penly (Seine-Maritime), Gravelines (Hauts-de-France), Tricastin (Drôme)⁵⁰.

Si on considère, comme nous l'avons écrit précédemment, que l'hydrogène pour l'aviation représentera une consommation d'électricité de 56 TWh d'électricité dans le cadre du scénario « Hydrogène + » de RTE, il manque, selon les scénarios de SupAéro Décarbo, entre 85 TWh (scénario Iceman, pas totalement « décarboné ») et 209 TWh (scénario Maverick, totalement « décarboné »). Ces 85 et 209 TWh de consommation électrique représentent respectivement la production de 14 réacteurs de 900 MW (7 fois Golfech) ou de 39 réacteurs (19 fois Golfech). Exprimés en nombre de réacteurs EPR (puissance unitaire de 1 650 MW, avec une efficacité améliorée de 20% selon EDF et produisant 11 TWh par an par réacteur), ce seraient respectivement 8 et 19 réacteurs (de type Flamanville) qui seraient nécessaires pour couvrir les besoins en électricité destinée à produire l'hydrogène pour l'aviation en France ; et ceci dans le cadre où le transport aérien resterait à un niveau d'intensité (croissance 0 du trafic en 2050 par rapport à 2019) sans commune mesure avec les quantités d'électricité nécessaires à couvrir les besoins d'un secteur annonçant un objectif de croissance de 4% l'an... Ces calculs conduisent à considérer qu'il faudrait donc entre 8 et 19 EPR pour permettre la fabrication de l'hydrogène pour le transport aérien. On comprend mieux alors pourquoi RTE parle d'importer de l'hydrogène...

On voit bien ici que les perspectives du transport aérien (et donc celles de la production d'avions) dans un monde bas-carbone sont très sombres. Le transport aérien de masse n'est pas compatible avec les perspectives de décarbonation des énergies ; même avec de l'électricité « bas-carbone » d'origine nucléaire. **Qui peut imaginer que l'on construise entre 9 et 19 EPR** pour un budget unitaire et en étant optimiste de 15 milliards d'euros, soit au total entre 135 et 285 milliards d'euros (12% du PIB annuel de la France), uniquement **pour permettre à 1% de la population** (la plus riche en fait) **de consommer 50% des déplacements effectués en avion**. La justice climatique ne rime absolument pas, dans cette hypothèse, avec la justice sociale.

⁴⁷ En effet, on ne voit pas à quel titre ce serait l'électricité issue des EnR qui serait prioritairement affectée au transport aérien

⁴⁸ « Futurs énergétiques 2050 » - Résumé exécutif, page 17

⁴⁹ SMR : Small Modular Reactor. Ces "petits" réacteurs nucléaires sont la dernière marotte de nos gouvernants (Macron s'en est fait le chantre) et les informations sur leurs caractéristiques varient beaucoup selon les sources ; certains parlent d'une puissance allant de 10 à 100 MW, d'autres d'une puissance pouvant aller jusqu'à 500 MW...

⁵⁰ <https://reporterre.net/Nucleaire-Macron-lance-la-construction-de-nouveaux-reacteurs>

Quelques considérations sur le nucléaire civil

Le choix effectué par le gouvernement sur la base des études menées par RTE, confirmé par Emmanuel Macron lors de son intervention à la télévision le 9 novembre 2021, est donc clairement d'exclure toute hypothèse d'abandon de la filière nucléaire.

Quelques éléments concernant ce choix méritent que nous nous arrêtions.

La question du prolongement de la durée d'exploitation des centrales existantes

Le parc nucléaire français a été majoritairement mis en service entre 1977 et 1987. Il y a donc largement plus de 30 ans maintenant. Son déploiement, décision issue du conseil des ministres du 5 mars 1974, avait été annoncé par Pierre Messmer, 1^{er} ministre à l'époque, lors d'une intervention télévisée le lendemain du conseil, le 6 mars 1974. C'était un temps où les ministres venaient annoncer à la télévision (3 chaînes publiques dans le cadre de l'ORTF) les choix gouvernementaux dans le plus grand mépris des citoyens et en dehors de tout débat démocratique (est-ce que cela a vraiment changé depuis... ?). Souvenons-nous aussi de Michel Debré annonçant, toujours à la télévision, le 28 octobre 1971, l'extension du camp militaire du Larzac avec les suites que nous connaissons tous...

A l'origine, ce parc nucléaire a été pensé et conçu pour une durée d'exploitation des centrales de 30 ans. Puis, année après année, cette durée a été augmentée pour arriver aujourd'hui à une durée d'exploitation des centrales qui serait portée à 50 ans voire même 60 ans. Pour mener à bien cet objectif et au-delà des visites dites « décennales », il est question du « grand carénage » qui consistera à remplacer certaines composantes importantes des centrales comme les générateurs de vapeur, turbines, transformateurs, échangeurs et à mettre sous surveillance renforcée les cuves et enceintes de confinement. Ce programme devrait coûter, selon les sources, entre 50 et 150 milliards d'euros⁵¹.

Mais, il faudra bien un jour démanteler les centrales en fin de vie. Et cela aura un coût. Les données fiables manquent encore pour estimer ce coût mais, au-delà des provisions effectuées dans ses comptes par EDF⁵², on peut déjà partir sur l'exemple de la centrale de Brennilis⁵³. Le coût de son démantèlement avait été estimé à 482 millions d'euros en 2005 (déjà 20 fois plus que son estimation d'origine...) et vient d'être porté à 850 millions et son achèvement est prévu en 2040. Combien cela coûtera-t-il au bout du compte ? A vrai dire, personne n'en sait rien... Quant au démantèlement de la centrale de Fessenheim dont les réacteurs ont été définitivement mis à l'arrêt en 2020, son coût est encore largement inconnu et sa durée estimée à une quinzaine d'années semble bien optimiste. Et puis, démanteler une centrale nucléaire ne se traduit pas par un retour à l'état d'origine du lieu d'implantation. C'est sans doute pour des centaines d'années que ces sites seront, de facto, inhospitaliers pour les êtres humains et protégés par la gendarmerie nationale voire l'armée. Et, bien évidemment, il faudra stocker pour des centaines, voire des milliers, d'années les déchets radioactifs issus de ces démantèlements...

⁵¹ https://www.liberation.fr/checknews/nucleaire-le-grand-carenage-va-t-il-couter-150-milliards-deuros-comme-le-dit-jean-luc-melenchon-20211023_MXZ3CEEDWZEJ5EVRMSUSDP2L54/?fbclid=IwAR2DBIM1r-UmHCPA9ceaS6MGpuEaAF5LR7W2L0WbCgsQtf2r_oxGxvQFlkM

⁵² <https://new.sfen.org/vos-questions/le-cout-de-production-de-lelectricite-inclut-il-le-cout-du-demantelement-des-centrales-et-la-gestion-a-long-terme-des-dechets/>

⁵³ <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/finistere/brennilis-le-cout-du-demantelement-de-la-centrale-nucleaire-revu-a-la-hausse-2182702.html>

Commentaire

La distribution de l'électricité en France est très directement liée au mode de production centralisé de celle-ci (19 sites nucléaires multi-réacteurs) qui génère un réseau « descendant » (centrales nucléaires → lignes THT → lignes MT → réseau BT). Ce type de réseau est peu adapté à la montée en puissance des EnR dont la production est la plupart du temps décentralisée et moins puissante. Il va donc falloir investir dans les réseaux (pour « mixer » progressivement les flux « montants » et « descendants ») ; et cela aura un coût. Mais, si on a comme objectif final de se passer du nucléaire civil, même dans 50 ans et pas dans 30..., il faut dès aujourd'hui investir massivement pour modifier l'architecture du réseau de distribution et avoir un réseau adapté à la nouvelle donne. Le savoir-faire et l'expertise pour le faire ne manquent pas.

La question des déchets nucléaires

C'est depuis des décennies l'un des débats récurrents autour de la pertinence de la filière électronucléaire. La production d'électricité nucléaire produit des déchets, en nombre et qui ne peuvent être traités de manière à les recycler, plus ou moins bien, comme cela peut être le cas dans de nombreuses autres activités industrielles. Le centre de retraitement de la Hague qui traite les déchets nucléaires venant d'un peu partout dans le Monde a atteint les limites de ses capacités de stockage et le gouvernement français a décidé d'ouvrir à Bure dans la Meuse un site de stockage souterrain des déchets les plus radioactifs ; et ceci pour des milliers d'années sans aucune réversibilité... Selon Greenpeace⁵⁴, ce stockage ne concerne qu'une toute petite partie des déchets (0,2% des déchets de haute activité et 3% de ceux de moyenne activité à vie longue) mais ceux-ci concentrent au total près de 99,9% de la radioactivité de l'ensemble des déchets radioactifs.

Mais surtout, ce projet d'enfouissement n'est pas, tout comme les stocks de déchets déjà constitués, autre chose qu'un fardeau, un **cadeau empoisonné laissé aux générations futures**. Et il repose sur cette vieille antienne, répétée en boucle : oui, nous ne savons pas quoi faire aujourd'hui mais demain grâce à la science et à la technologie, le problème sera résolu... Le mythe du « progrès scientifique et technologique qui aurait « réponse à tout » a la peau dure. Comme le dit plutôt justement Greenpeace : *« Cela revient en réalité à mettre la poussière nucléaire sous le tapis en dédouanant l'industrie nucléaire et les autorités actuelles de leurs responsabilités »*.

La question des accidents industriels du nucléaire

Le Japon a commencé à déverser dans l'océan pacifique des millions de m3 d'eau contaminée après la catastrophe nucléaire de Fukushima et ce sont 160 000 personnes qui ont été contraintes de quitter la zone d'une vingtaine de km autour du site.

La « zone d'exclusion » de Tchernobyl et ses milliers de km2 de territoire rendus impropres à la vie humaine pour des centaines, voire des milliers, d'années est là aussi pour nous rappeler que la production d'électricité d'origine nucléaire peut conduire à des catastrophes.

Et n'oublions pas l'accident de Three Miles Island en 1979 aux Etats-Unis qui a eu de profondes répercussions sur le devenir du nucléaire civil aux Etats-Unis mais aussi dans le reste du Monde⁵⁵. Depuis Fukushima, et après le Japon (on veut bien comprendre pourquoi...), c'est l'Allemagne qui a décidé de sortir du nucléaire ; tout en s'engageant, comme la France, à atteindre la neutralité carbone en 2050.

En France aussi, nous avons été confrontés à des situations où tout pouvait basculer comme à la centrale du Blayais sur l'estuaire de la Gironde où, en décembre 1999, la tempête Martin a provoqué une brusque montée des eaux qui ont inondé une partie de la centrale et fait entrer celle-ci dans une zone d'alerte de niveau 2 sur une échelle de 1 à 7 (7 correspondant

⁵⁴ <https://www.greenpeace.fr/dechets-nucleaires-projet-cigeo-a-bure-etre-stoppe/>

⁵⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Accident_nucl%C3%A9aire_de_Three_Mile_Island

aux accidents majeurs comme Fukushima et Tchernobyl ; Three Miles Island a de son côté été, rétrospectivement, classé de niveau 4).

Et les centrales nucléaires étant implantées à proximité de grandes quantités d'eau nécessaires au refroidissement du processus de production (domaines maritimes ou fluviaux), **la question de l'eau devient centrale en termes de sûreté nucléaire**. En effet, le réchauffement climatique en cours et à venir va générer des risques notables liés à **deux phénomènes** : la **montée des eaux marines couplée à la multiplication des tempêtes** dont on commence à mesurer aujourd'hui les conséquences importantes en termes de submersion de zones côtières ou estuariennes (cf. l'exemple de la centrale du Blayais en Gironde et bien évidemment Fukushima) ; ou bien, à l'inverse, un **risque de raréfaction de la ressource en eau pour les centrales implantées en bordure de fleuve** (la grande majorité d'entre elles). Les premières alertes en ce domaine ont déjà eu lieu comme à Golfech^{56/57} et les perspectives climatiques des décennies à venir ne sont pas rassurantes en ce domaine. Selon le directeur général de Véolia Eau France (interview du 14 octobre 2021 accordé à La Dépêche du Midi) : « *La période de stress hydrique, l'été, ne cesse de s'allonger et impacte aussi les débits d'étiage des cours d'eau qui pourraient baisser de 30 % et être divisés par deux ou trois pour la Garonne à l'horizon 2045* ». Avec un débit d'étiage de la Garonne divisé par 2 ou 3, il y a de quoi s'inquiéter pour le bon fonctionnement de la centrale de Golfech. Ceci sans compter le risque de conflit en termes d'usages de l'eau pour l'agriculture et pour la production d'eau potable (les deux tiers de l'eau potable de la métropole toulousaine viennent de prélèvements dans la Garonne⁵⁸).

La question de l'indépendance énergétique

Depuis des décennies et encore aujourd'hui, les thuriféraires du nucléaire mettent en avant l'indépendance en termes d'approvisionnement en énergie que représenterait le nucléaire. Cela est totalement faux. **Plus aucun gramme d'uranium n'est aujourd'hui extrait en France. La filière nucléaire française est donc totalement dépendante de ses approvisionnements externes.**

C'est un peu comme si, sous prétexte que nous avons sur notre territoire des centrales thermiques qui produisent de l'électricité à partir de gaz ou bien de charbon, nous pourrions affirmer que la France est indépendante en termes de production d'électricité grâce à ses centrales thermiques qui brûlent des combustibles fossiles mais... importés.

La France a besoin de 8 000 à 9 000 tonnes d'uranium par an pour faire tourner son parc de centrales⁵⁹. Cet uranium, sans lequel le nucléaire civil n'existerait pas, provient de plusieurs pays ; et en particulier du Niger, du Kazakhstan, du Canada et de l'Australie même si la répartition entre les différents pays exploitant des gisements n'est communiquée ni par EDF, ni par Orano (anciennement Areva). Cette absence totale d'indépendance en termes d'extraction d'uranium « naturel » a un inévitable impact sur la politique extérieure du pays. Une petite précision : le coût de ces importations d'uranium ne sont pas pris en compte dans la facture énergétique française car, dans les nomenclatures internationales, l'uranium est considéré comme un minerai et non un combustible...

⁵⁶ <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/canicule-secheresse-le-parc-nucleaire-contraint-de-sadapter-1229316>

⁵⁷ <https://www.sortidunucleaire.org/Secheresse-et-canicule-des-centrales-nucleaires>

⁵⁸ <https://www.eaudetoulousemetropole.fr/mon-eau-au-quotidien/eau-potable/dou-vient-leau-mon-robinet>

⁵⁹ <https://www.connaissancedesenergies.org/d-ou-vient-l-uranium-naturel-importe-en-france-140512>

La question de l'acceptabilité du nucléaire

Le programme nucléaire français, dont le lancement dans les années 70 a été pris en catimini (nous l'avons rappelé précédemment), a toujours fait l'objet de contestations. Dans les années 70, face aux mobilisations antinucléaires montantes, le gouvernement français a choisi de frapper fort dans l'objectif, presque avoué, de briser le mouvement. La répression extrêmement violente, en juillet 1977, de la manifestation de Malville (contre le projet de surgénérateur Phénix – abandonné depuis comme celui de Kalkar en Allemagne) qui a fait un mort (Vital Michalon, tué par une grenade offensive) et de nombreux blessés graves (membres arrachés dont la main d'un gendarme arrachée par l'explosion prématurée d'une grenade offensive), préparée par un intense campagne de presse centrée sur les « casseurs vêtus de jaune » (et venant d'Allemagne...), s'inscrivait dans cet objectif, casser les résistances au nucléaire. Objectif qui fut atteint malgré quelques lieux de résistance comme à Plogoff (abandon du projet grâce à une mobilisation locale radicale) et sur certains projets (Golfech en Occitanie ou bien encore Chooz dans les Ardennes). En France, la contestation « de masse » du nucléaire a été brisée dans le sang, à la matraque et à la grenade.

Avec le plan annoncé par Macron, en octobre, de relance du nucléaire, le problème va se poser en termes similaires. Déjà, **la situation à Bure**, où des militants qui se mobilisent contre le projet d'enfouissement que nous avons évoqué précédemment, sont violemment réprimés avec des blessés graves à la clé⁶⁰, **donne un avant-goût de la manière dont le programme électronucléaire risque de nouveau d'être imposé par la force et la violence.**

Sur la perception du nucléaire, un récent sondage pour « Les Echos », en date des 2 et 3 novembre 2021, montre, entre autres, une situation contrastée qui selon les auteurs du sondage met en valeur un clivage générationnel : quand les plus de 68 ans sont 67% à percevoir le nucléaire comme une « énergie du futur », les moins de 35 ans sont seulement 44%...

La hantise du gouvernement est celle d'une multiplication des espaces de résistance, à l'instar de ce qui s'est passé à Notre Dame des Landes. Les futurs réacteurs vont devoir être implantés dans des territoires (fluviaux et côtiers) sur lesquels des luttes vont sans doute voir le jour. Assisterons-nous à une répression musclée de ces résistances ? C'est probable ; et vu le nombre de projets d'implantation qui seront nécessaires pour déployer le programme électro-nucléaire, nous pourrions nous retrouver dans une situation qui pourrait échapper à « nos » gouvernants. Quel que soit le niveau de « mobilisation » des forces de police et de gendarmerie (il n'est que de se souvenir de l'ampleur du déploiement policier et militaire à Notre Dame des Landes – 2 500 policiers et gendarmes mobilisés dont 25 Escadrons de Gendarmerie Mobile – EGM avec blindés et drones selon la cellule RETEX de la gendarmerie⁶¹), il est illusoire pour un gouvernement d'espérer contrôler tous les territoires sur lesquels pourraient se développer des résistances actives au déploiement des futurs EPR. Des Plogoff et des Notre Dame des Landes partout, c'est une hypothèse qui fait frémir certains... Et pourrait expliquer pourquoi le gouvernement renforce les moyens de répression des mouvements sociaux en commandant des dizaines de nouveaux blindés pour la gendarmerie⁶² et en passant une gigantesque commande publique de munitions⁶³.

⁶⁰ <https://reporterre.net/Blesse-gravement-par-les-gendarmes-a-Bure-Robin-Pages-poursuit-la-lutte>

⁶¹ <https://www.gendinfo.fr/sur-le-terrain/Retex/RETEX-Evacuation-de-la-ZAD-de-Notre-Dame-des-Landes>

⁶² <https://www.usinenouvelle.com/article/la-filiale-du-groupe-lohr-soframe-va-livrer-90-vehicules-blindes-a-la-gendarmerie-nationale.N1156822>

⁶³ Pour prendre la mesure de l'ampleur de cette commande, le lecteur peut consulter le second rapport de l'Observatoire toulousain des Pratiques Policières publié en avril 2021 (page 16) <https://universitepopulaireretoulouse.fr/spip.php?article2369>

5 - Et demain ?

Combien d'avions à produire et quelles conséquences pour l'emploi ?

Une fois acquis que le transport aérien ne pourra retrouver les niveaux de croissance qui ont été les siens ces dernières décennies (c'est incompatible avec le respect des objectifs de la COP 21) et que nous nous dirigeons, dans le meilleur des cas, vers une croissance zéro et, sans doute, vers une décroissance du transport aérien, la question de la production d'avions se pose.

Les projections des avionneurs (Boeing et Airbus) qui tablaient sur la production d'au moins 25 000 nouveaux avions dans les 20 ans qui viennent sont largement mises à mal. En ce qui concerne Airbus et donc le pôle aéronautique de Toulouse, les 800 avions sortant, en moyenne, chaque année des sites de production (860 en 2019) ne sont plus une hypothèse crédible.

Les scénarios les plus vraisemblables évoqués dans la présente note conduisent donc à une **stagnation, voire une réduction, du transport aérien et donc par effet direct à une réduction de la production d'avions** qui conduirait, selon les différents scénarios, à un niveau de production qui représenterait en 2035 entre 25% et 84 % de celle de 2019 ; soit entre 200 et 700 avions par an pour Airbus. Et ceci dans le cadre d'un renouvellement de la flotte en quinze ans ; ce qui, comme l'écrivent les auteurs des deux rapports issus de SupAéro, est une hypothèse peu crédible (surtout au regard des comptes totalement dégradés des compagnies aériennes) ; à moins d'une intervention massive des états. Nous pouvons prendre pour exemple le plan de relance du secteur aérien présenté par Bruno Lemaire le 9 juin 2020 qui a mis en avant une aide de 7 milliards d'euros à Air France dont plus de la moitié (4 milliards sur les 7 annoncés) serviront au renouvellement de la flotte via l'achat d'Airbus A 220 dont la particularité est d'être assemblés... en Amérique du Nord !

Face à cette prévision d'un carnet de commande en berne et si nous restons sur les fondamentaux du capitalisme néolibéral, il y aura une baisse très forte des effectifs salariés mais qui est difficile à quantifier. Dans le rapport de SupAéro Décarbo, il est écrit, au § 9.4.3 - page 114 : « (...) *dans son pire scénario, le cabinet Roland Berger estime que la demande d'avions à produire d'ici 2030 pourrait chuter à 10 000 unités, contre 22 000 avant COVID. Ce chiffre est dans l'enveloppe de notre famille de scénario « ICEMAN », dont le pire cas laisse présager une baisse de production de 60% à l'horizon 2050, soit une perte d'emploi d'au moins 20%, en extrapolant les ratios observés lors de la crise sanitaire ».*

Comme nous l'avions déjà développé dans notre texte d'avril 2020 (le « syndrome Détroit »), les pertes d'emplois directs et indirects en région Occitanie dans le secteur aéronautique vont se compter, et se comptent déjà, par dizaines de milliers. Et, à la différence de la situation liée au Covid19 qui autorisait à prévoir qu'une fois la pandémie jugulée, la situation de l'emploi reprendrait quelques couleurs grâce à la reprise de la croissance du trafic (et donc la reprise de la production d'avions⁶⁴), les suppressions d'emplois dans le secteur de l'aviation liées à la crise climatique seront, elles, définitives ; ce qui va frapper durement la Région Occitanie et plus particulièrement le « grand Toulouse ».

⁶⁴ Il est bon de rappeler quand même : 1) que les licenciements dans le secteur de l'aviation (dans le secteur des compagnies aériennes – voir l'exemple d'Air France - mais pas seulement) s'étaient multipliés avant la pandémie 2) que cette pandémie a été l'occasion pour nombre d'entreprises d'effectuer une « purge » sur le dos des salariés et des sous-traitants en supprimant des emplois et en diminuant la masse salariale grâce à tout l'arsenal (APC et PSE en particulier) mis à disposition dans le cadre des lois votées ces dernières années sous les présidences d'Hollande et Macron.

Page 109 de son rapport, SupAéro Décarbo écrit au sujet du scénario Iceman⁶⁵ : « Dans tous les cas, l'industrie est dans ces scénarios largement sous-utilisée en 2050 (au moins 55% de la capacité actuelle de produire ne sert plus). Si on ne la mobilise pas pour produire autre chose que des avions, la peine serait double : aux destructions d'emplois s'ajouterait le risque d'un déclin industriel qui sera très douloureux pour la France, en particulier pour la région du Grand-Ouest ».

Les auteurs du rapport posent la question à laquelle le collectif « PAD - Pensons l'Aéronautique de Demain » s'est efforcé de répondre en publiant, le 31 août 2021, un rapport intitulé : « Moins d'avions / plus d'emplois » (voir page suivante).



« Moins d'avions, plus d'emplois » -

⁶⁵ Scénario Iceman dont les auteurs du rapport disent qu'il est « loin d'être souhaitable » mais « qu'il « reste néanmoins l'éventualité la plus probable dans leur cadre d'analyse »

Le collectif PAD – Pensons l’aéronautique pour demain

Le collectif PAD a été créé à l’automne 2020 suite à la publication, au printemps 2020, de différents textes et études portant sur l’avenir de l’aviation qui ont donné lieu, en juin 2020 à Toulouse, à une réunion publique d’échanges entre les auteurs des différents documents qui, au-delà de leurs différences voire de leurs divergences, ont décidé de continuer à réfléchir et à agir ensemble.

Après avoir organisé, en visioconférence, un Forum Social et Environnemental de l’Aéronautique à l’automne 2020 qui a donné lieu à la mise au point d’un premier cadre de réflexion et d’une liste de mesures de toutes natures pour penser et mettre en œuvre une aviation « soutenable », puis produit un rapport « Moins d’avions / Plus d’emplois » publié fin août 2021⁶⁶, le PAD a organisé, en collaboration avec le collectif francilien « Notre Choix », des « Assises de l’aviation » qui se sont déroulées à Toulouse et Paris du 17 au 26 septembre 2021.

Le collectif PAD regroupe des représentants des organisations suivantes : CGT Coordination de l’aéronautique, EAS (Etudiants pour une Aéronautique Soutenable), CCNAAT – Collectif contre les nuisances aériennes de l’aéroport de Toulouse, ATECOPOL – Atelier Toulousain d’écologie politique, ATTAC Toulouse , UPT – Université Populaire de Toulouse, AMD – Amis du monde Diplomatique de Toulouse, le Manifeste pour l’Industrie, l’antenne toulousaine de la fondation Copernic, ICARE - Collectif de salariés, le collectif « Non au T4 », Toulouse en Transition ; le PAD bénéficie aussi du soutien d’Alter – Syndicat de pilotes affilié à Solidaires.

Le collectif « Notre choix »⁶⁷ est de son côté soutenu, entre autres, par : le Réseau Action Climat, Greenpeace, Stay Grounded, Citoyens pour le climat, France Nature Environnement, Oui au train de nuit !

La composition du collectif PAD (syndicalistes du secteur de l’aviation et en particulier de la CGT, associations de riverains, collectif de salariés non syndiqués, associations d’éducation populaires et ONG) ainsi que sa capacité à œuvrer en commun avec des associations comme Greenpeace ou le RAC montrent que les lignes sont en train de bouger dans la « galaxie » des organisations intervenant dans le champ syndical et associatif. Il y a encore peu de temps, retrouver la CGT de l’aéronautique en compagnie d’associations écologistes aussi « marquées » que Greenpeace ou le RAC⁶⁸ (qui fédère de nombreuses organisations écologistes) ou bien des collectifs de riverains (comme le CCNAAT) aurait été difficile à imaginer. Les « prémisses » de ce type de travail en commun avaient pu déjà être constatées au niveau national via la publication de plusieurs documents par le collectif « Plus jamais ça⁶⁹ », né d’une tribune publiée le 18 janvier 2020⁷⁰, dont : « 34 mesures pour un plan de sortie de crise » publié le 26 mai 2020 et « Propositions pour un plan de rupture » publié le 25 août 2021.

Cette volonté de faire converger les analyses et de porter ensemble un programme de rupture se retrouve sur différents thèmes et territoires. Comme à la raffinerie de Grandpuits, en Seine-et-Marne, qui voit se mobiliser ensemble syndicalistes et ONG⁷¹. Dans un appel publié le 16 décembre 2020, les signataires écrivent, entre autres : « *La situation de la raffinerie de Grandpuits est emblématique des défis qu’il nous faudra relever dans les années à venir pour opérer la transition écologique et sociale qu’une majorité de nos concitoyen·nes appellent de leurs vœux. Au nombre de ces défis, il y a en effet l’avenir des sites industriels, des bassins d’emploi, et de la transformation de toute la chaîne économique qui dépend de l’exploitation des ressources fossiles* ». Cette phrase pourrait avoir été écrite par le collectif PAD...

⁶⁶ <https://universitepopulaireretoulouse.fr/spip.php?article2439>

⁶⁷ <https://www.notrechoix.org/>

⁶⁸ <https://reseauactionclimat.org/association/associations-membres/>

⁶⁹ <https://plus-jamais.org/2020/09/20/qui-sommes-nous/>

⁷⁰ <https://plus-jamais.org/2020/04/02/plus-jamais-ca-preparons-le-jour-dapres/>

⁷¹ https://www.liberation.fr/debats/2020/12/16/raffinerie-total-de-grandpuits-greenwashing-et-casse-sociale_1808837/

Etre lucides pour pouvoir agir

Arrivés au bout de cette analyse, nous pouvons résumer nos constats de la manière suivante :

- le respect des accords de Paris (garder l'objectif d'une limitation du réchauffement à 1,5°C et ne pas atteindre 2°C) et l'obligation qu'a le secteur de l'aviation d'évoluer pour prendre toute (et rien que) sa part dans ce processus conduit, inexorablement, à **stopper le développement du transport aérien avec un objectif de croissance zéro ; voire à initier la décroissance de celui-ci quels que soient les scénarios ;**
- **la croissance du trafic aérien, « revendiquée » par les constructeurs à hauteur de 4% par an dans les 20 à 30 ans qui viennent n'est donc absolument pas soutenable ;** et représente, en fait, une sorte de « bras d'honneur » en direction de tous ceux et celles, la quasi-totalité de la population mondiale en fait, pour qui prendre un avion n'a rien de vital ni d'essentiel ;
- **derrière la « décarbonation » de l'avion (l'avion dit « vert ») se cachent en fait un accaparement des terres pour produire des « bio » carburants⁷² ; et, pour produire de l'hydrogène, un développement très marqué du nucléaire civil avec la construction de nombreuses centrales nucléaires (entre 9 et 18 EPR rien qu'en France et pour couvrir les seuls besoins de production d'hydrogène dédié au transport aérien) dont la soutenabilité politique et sociale est loin d'être acquise...**

Les conséquences de cette situation, a minima une croissance zéro du transport aérien, vont être très graves pour l'agglomération toulousaine et d'autres régions (le Lot, la région bordelaise, le pôle Nantes/Saint Nazaire) concernées par la production d'avions ; mais aussi pour l'ensemble des secteurs liés au transport aérien comme les zones aéroportuaires, le tourisme international (et tous les équipements qui vont avec comme les hôtels et les restaurants, les sites de visite et autres parcs de loisirs).

Le niveau de cécité des élites autoproclamées (les politiques, leurs administrations et les grandes entreprises imbriqués dans les espaces et les lieux de pouvoir) qui dirigent le pays, les régions et les métropoles et leur « inaction » face au changement climatique doivent nous alerter. Comme le dit l'adage attribué à Albert Einstein : *« Il ne faut pas compter sur ceux qui ont créé les problèmes pour les résoudre »*

L'aviation telle qu'elle s'est développée depuis des décennies est, dans son genre, un parfait résumé, un **concentré, de ce qui n'est plus soutenable**. En particulier consommer des matières premières essentielles pour satisfaire, non des besoins, mais une demande créée de toutes pièces (par le marketing et la communication) via une politique de l'offre (qui permet de vendre des produits et faire du profit - profit accaparé par une frange très minoritaire de la population).

Le système capitaliste, qu'il soit néolibéral et autoritaire à la Macron ou bien d'état et hybride comme en Chine, repose depuis toujours sur deux grands « principes » : la prédation continue des ressources naturelles et l'exploitation sans fin du travail humain.

Là où l'humanité, confrontée à une menace avérée et déjà largement visible, le changement climatique, qui engage la vie de centaines de millions d'hommes et de femmes, devrait « décélérer » et **rompre avec le toujours « Plus haut, plus vite, plus loin »**, le modèle que nous propose le capitalisme revient à proroger un Monde où une infime partie de la population vivra dans « l'entre soi », dans des lieux « protégés » du tumulte (c'est déjà à

⁷² Nous mettons entre guillemets le préfixe « bio » car il est très hypothétique (peu vraisemblable en fait) que les surfaces cultivées pour produire des carburants le soient sur la base d'une agriculture sans épuisement des terres et sans intrants chimiques... ; la course à la productivité frappera ici aussi.

l'œuvre dans nos villes ; et les plus riches achètent et aménagent des îles « bunkers » pour se mettre à l'abri ; sans parler des délires des ultra-riches qui « s'envoient en l'air » dans des capsules spatiales et prévoient déjà la « conquête » de la planète Mars... D'où viennent les fonds qui permettent à Jeff Bezos et autre Richard Branson de « faire joujou » en apesanteur ? Sinon de l'exploitation du travail humain, de la situation qui consiste à prélever « à la source » une sorte d'impôt privé (le profit et les dividendes).

La **conscience montante de la finitude des ressources** commence, un petit peu, à structurer notre rapport au monde mais cela **doit se traduire par un (des) choix clair(s) sur ce qu'il est nécessaire et soutenable de produire pour satisfaire les besoins de tous, partout sur la planète** : se loger (décentement), boire et se nourrir (sainement), se soigner (gratuitement), se vêtir (durablement), être éduqué (pour s'émanciper), se cultiver (pour s'épanouir), se déplacer (raisonnablement). Et nous oblige, dans ce cadre, à s'interroger sur l'utilité sociale de l'aviation. Effectuer un vol, et donc dépenser une importante quantité d'énergie (complexe à produire) et de ressources naturelles (des métaux de plus en plus difficiles à extraire), pour aller flâner dans les rues d'une ville à des centaines ou des milliers de km de là où l'on vit et/ou pour avoir le « plaisir » d'envoyer un selfie à ses connaissances voire au monde entier (ce que certains n'hésitent pas à affubler du terme, assez pertinent, de « travelporn »⁷³...), est-ce tenable ? Cela fait-il partie des besoins élémentaires à couvrir ?

Comme nous l'avons développé dans le présent document et dans les textes précédents, le couple aviation / tourisme de masse, tel qu'il s'est développé depuis les années 70, n'est plus soutenable ; et il faut absolument revoir toutes les perspectives de trafic pour que le secteur prenne toute sa part dans la lutte contre le réchauffement climatique. **Nous ne pourrions plus nous déplacer**⁷⁴ « **comme avant** », surtout si le prix à payer consiste à choisir entre la prédation des terres (pour produire des agro-carburants) ou bien la construction massive de centrales nucléaires (pour produire de l'électricité destinée à produire de l'hydrogène destiné à faire voler des avions pour produire des packages touristiques...).

Cette question de la détermination de l'utilité sociale de l'aviation mérite d'être posée, sans détours et avec franchise. Nous insistons sur cette notion d'utilité sociale car elle diffère de la notion d'utilité en tant que telle. Faire voler un avion pour aller, le plus rapidement possible, à des milliers de km secourir des populations en détresse est d'un intérêt difficile à contester. Prendre un vol pour aller à Dubaï (très gros hub de l'aviation internationale) pour consommer du loisir dans des espaces totalement artificialisés ne semble pas participer du développement de la fraternité entre les peuples dont l'aviation est, pour certains, le vecteur... L'aviation devra passer dans ce tamis de l'intérêt général et non de l'intérêt de quelques-uns. Rappelons encore que plus de 90% des habitants de la planète n'ont jamais pris l'avion et, pour la majorité d'entre eux, n'en n'ont nul besoin. Et que pour les moins de 10 % restants, une toute petite partie d'entre eux, les plus riches, multi-voyageurs, représente plus de la moitié des vols. Au bout du compte, **quelle sera demain l'utilité sociale de l'aviation**⁷⁵ ? **Aux besoins de qui devra-t-elle répondre et pour faire quoi ?** Cette question se doit d'être posée, même en région toulousaine, ce territoire qui vit grâce et « sous la coupe » du premier fabricant mondial d'aéronefs, emblème de la filière aéronautique.

⁷³<https://usbeketrica.com/fr/article/travel-porn-outil-distinction-social>

⁷⁴ Nous n'utiliserons pas ici le terme « voyager ». Nous conseillons la lecture instructive d'un ouvrage très récent de Laurent Castaignède (« La bougeotte, nouveau mal du siècle » - Les éditions Ecosociété – Octobre 2021 ») ; en particulier le paragraphe « La fin du voyage », pages 45 et suivantes, à la fin du premier chapitre.

⁷⁵ Dans ce constat, il convient de mettre à l'actif les dizaines de milliers d'emplois existants ; et donc de prendre conscience de la menace qui pèse sur le bassin d'emplois de Toulouse si les conséquences de la limitation du trafic aérien (subie ou planifiée) et donc la baisse sensible du nombre d'avions à produire ne sont pas anticipées

Il est de plus en plus certain que le transport aérien, et donc la fabrication d'avions, ne pourront retrouver les niveaux de production de ces dernières années ; et que les taux de croissance du secteur envisagés par les compagnies et les avionneurs pour les 30 années qui viennent ne sont plus soutenables dans le cadre d'un respect des accords de Paris.

Il faut donc organiser plutôt que subir cette décroissance, obligatoire, de l'aviation commerciale. Ceux qui sont en première ligne, ceux qui sont concernés directement, ce sont les salariés. Les actionnaires des capitaux flottants qui composent les trois quarts de l'actionnariat d'Airbus, quant à eux, se retireront du secteur dès que celui-ci présentera des taux de rentabilité des capitaux investis inférieurs aux standards du moment. Comme nous l'écrivions dans un précédent texte de mai 2020⁷⁶, les actionnaires iront « là où l'herbe est la plus verte... » et laisseront derrière eux, sans aucun état d'âme, des dizaines de milliers de salariés « sur le carreau » et des territoires en déshérence (comme cela a été le cas dans les mines du Nord et dans la sidérurgie en Lorraine).

C'est donc « le système qu'il faut changer et pas le climat » comme l'expriment les banderoles et pancartes qui parsèment les manifestations de ces dernières années.

Et au cœur de ce changement, c'est la question de la propriété des outils de production qui est posée en corollaire de la question démocratique.

Dans un entretien publié par Médiapart au sujet de la parution du livre⁷⁷ « De quoi avons-nous vraiment besoin ? », Mireille Bruyère⁷⁸, coordinatrice de l'ouvrage, précise : « *On a depuis longtemps fait des propositions pour donner plus de démocratie dans l'entreprise, de pouvoir aux salariés, jusqu'à la coopérative même. C'est sans doute un horizon, mais avant, on peut renforcer les droits des salariés non seulement dans la répartition des salaires, mais aussi dans la définition des stratégies. Mais il s'agit aussi de faire intervenir les usagers, les consommateurs, les membres des collectivités territoriales. Il s'agit donc là encore de rapprocher la production et la consommation. Ce qui est sûr, c'est qu'on ne peut rien envisager sous une forme mondialisée. La première condition, c'est la relocalisation* ».

Les salariés de l'aéronautique, dont les emplois sont en jeu à cause des conséquences du réchauffement climatique, feraient bien de prendre leur destin en main. Ce sera à eux de déterminer les modalités de cette prise en mains. Mais les mesures devront être radicales (au sens d'aller à la racine des choses) car elles devront, au-delà de la préservation de l'emploi (ce qui est « élémentaire »), **penser la diversification de la production en direction des secteurs qui auront un rôle essentiel à jouer dans la transition écologique.**

Le collectif PAD – Pensons l'aéronautique pour demain, déjà cité, a commencé à réfléchir sur ce sujet et le rapport, produit par ce collectif⁷⁹, « Moins d'avions / Plus d'emplois », montre que le chemin commence à être tracé (voir à ce sujet les paragraphes 5.9 et 6.4 du rapport du PAD).

Si nous restons dans une seule perspective de marché, laissant libre la demande de transport aérien, il est certain que les compagnies vont faire pression sur les constructeurs pour renouveler et étendre leur flotte. Il sera donc nécessaire de mettre en place, a minima au niveau européen de mesures telles que celles qui ont déjà été évoquées : taxation du

⁷⁶« Toulouse, un pays de cocagne » publié par Médiacités Toulouse -

<https://www.mediacites.fr/forum/toulouse/2020/05/09/toulouse-un-pays-de-cocagne/>

⁷⁷ Cet ouvrage du collectif des « Economistes atterrés » vient d'être publié par la maison d'édition « Les liens qui libèrent »

⁷⁸ Mireille Bruyère est maître de conférences en économie à l'université Toulouse Jean Jaurès et membre du conseil scientifique d'ATTAC

⁷⁹<https://universitepopulairetoulouse.fr/spip.php?article2439>

kérosène, tarifs minimaux imposés en particulier aux compagnies low-cost, interdiction des vols sur des parcours de moins de 4 heures en train.

Sur cela aussi, le collectif PAD a contribué à cette réflexion d'une manière originale en visant à ne pas ramener l'usage de l'avion aux classes sociales les plus favorisées en proposant une nouvelle réglementation européenne pour le transport aérien⁸⁰.

Ouvrir le débat

La présente note avait, entre autres, pour objet de prendre la mesure des conséquences du réchauffement climatique pour le secteur de l'aviation sur un territoire, la grande région toulousaine, dont l'économie est totalement dépendante du nombre d'avions construits et commercialisés. Les scénarios fondés sur la croissance « sans fin » de ce secteur et élaborés par les industriels, Airbus en tête, en fonction de leurs seuls objectifs (produire toujours plus d'avions, quoi qu'il en coûte climatiquement) sont les seuls qui ont aujourd'hui « pignon sur rue ».

Les enquêtes de Médiacités montrent la puissance de Airbus par rapport aux instances européennes et aux états⁸¹. Le poids des réseaux de lobbying et l'omerta à l'intérieur des usines rendent l'entreprise Airbus suspecte comme le sont les pétroliers, dont Total⁸², qui pendant des années ont caché sciemment le rôle des énergies fossiles dans le réchauffement climatique. On ne peut totalement évacuer l'idée que ce soit la même chose pour Airbus et les constructeurs d'avions, tellement est marquante l'appétence de ces derniers à construire de plus en plus d'avions malgré les alertes des scientifiques.

L'avion « vert » est une formule creuse, un élément de langage relevant du « green washing ». **Cet avion « vert » que l'on nous annonce ne pourra voler qu'à des conditions**, accaparement des terres pour produire des « bio » carburants et construction de réacteurs nucléaires pour produire de l'hydrogène, **qui doivent nous interroger et méritent un débat contradictoire**. Ces scénarios ne sont pas tenables si on veut que l'aviation, comme tous les autres secteurs de l'économie, prenne toute sa part (et rien que sa part) dans la limitation de l'émission des GES.

Un cinquième de la surface de la France métropolitaine pour faire voler les avions avec des biocarburants

Nous avons déterminé (se reporter à l'encart page 31) qu'il fallait 209 TWh d'électricité d'origine nucléaire, en plus de ceux prévus au scénario « Hydrogène + » de RTE, pour produire l'hydrogène nécessaire à faire voler les avions (base : scénario Maverick du rapport de SupAéro Décarbo). Si cette production d'hydrogène d'origine nucléaire était remplacée par des biocarburants, cela nécessiterait l'équivalent de 120 000 km² de culture de colza pour les produire. Soit 21,7% de la surface totale de la France métropolitaine...

Il est donc impératif que le débat ait lieu et que toutes les analyses puissent être confrontées publiquement. A leur manière, les étudiants, anciens étudiants et chercheurs de l'ISAE SupAéro montrent la voie en s'interrogeant publiquement, de manière scientifique et argumentée, sur l'impact réel de l'aviation sur le réchauffement climatique.

⁸⁰ <https://blogs.mediapart.fr/pensons-laeronautique-pour-demain/blog/150821/pour-une-nouvelle-reglementation-europeenne-du-traffic-aerien>

⁸¹ <https://www.mediacites.fr/enquete/toulouse/2018/01/09/lobbying-comment-airbus-dicte-sa-loi-a-bruxelles/>.

⁸² <https://reporterre.net/Changement-climatique-Total-savait>

D'autres scénarios pour le futur de nos territoires prenant en compte l'hypothèse vraisemblable d'une réduction du transport aérien (et donc une forte baisse du nombre d'avions produits), **doivent être élaborés et débattus collectivement.**

D'autres futurs pour nos territoires sont possibles et souhaitables. Il n'est nullement question, ici, de nous réjouir de l'impasse dans laquelle nous risquons d'aboutir si rien n'est fait pour prendre la mesure des changements profonds qui s'imposent et élaborer collectivement un projet de territoire débarrassé de sa dépendance à la mono-industrie aéronautique.

Diminuer le temps de travail (travailler moins pour travailler tous), définir collectivement les besoins pour déterminer l'utilité sociale des activités économiques, définir des échelles pertinentes et coopérer entre territoires proches, démocratiser les entreprises pour décider ensemble, planifier les changements sur nos modes de production et de consommations qu'exige le pas de côté à effectuer pour rester dans un monde soutenable, sont quelques-uns des axes du nécessaire débat qui doit impérativement avoir lieu dans les mois et les toutes prochaines années ; en région toulousaine comme ailleurs et dans le secteur de l'aviation comme dans tous les autres secteurs de production et d'échanges (transports terrestres, numérique, etc.).

Les salariés du secteur de l'aviation, les habitants des territoires qui sont les premiers concernés par les enjeux du devenir de l'aviation doivent prendre toute leur part dans ce débat, crucial pour penser un monde soutenable et, tout simplement, habitable pour l'humanité.

Fait à Toulouse – Le 22 novembre 2021