

CSF AERONAUTIQUE



Groupe de Travail Economie Circulaire

Document de travail

Etat des lieux

Synthèse des travaux 2014

Table des matières

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION | 3 |
| 1.1 Contexte | 3 |
| 1.2 Constitution du Groupe de Travail | 4 |
| 1.3 Rappel des travaux sur l’empreinte environnementale de la filière..... | 4 |
| 2. FRUGALITE | 8 |
| 2.1 Economie de ressources..... | 8 |
| 2.2.1 Energie..... | 9 |
| 2.1.2 Eau | 10 |
| 3. PREVENTION | 13 |
| 3.1 Prévention des déchets | 13 |
| 3.2 Écoconception, durée de vie, économie de la fonctionnalité, | 14 |
| 3.3 Réparabilité et Réutilisation/Réemploi de matières et de produits | 16 |
| 4. CREATION DE VALEUR | 18 |
| 5. ACTIONS de PROMOTION | 21 |

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

L'industrie mène des actions « économie circulaire » depuis longtemps : Optimisation des matières premières, recyclage/valorisation, éco-conception, etc... Le concept est devenu un enjeu national à l'occasion de la **Conférence environnementale de septembre 2013** et a été inclus dans la feuille de route environnementale. Cela s'est traduit par l'organisation le 16 décembre 2013 d'une **Conférence de mise en œuvre de l'économie circulaire** avec les collectivités, les entreprises, les syndicats, les associations environnementales, des parlementaires, les éco-organismes et les services de l'Etat concernés. Les participants de la Conférence ont notamment décidé :

- un engagement des secteurs industriels, le **Conseil National de l'Industrie (CNI)** étant en charge de déterminer les actions les plus pertinentes à mettre en œuvre selon les spécificités sectorielles,
- des stratégies régionales d'économie circulaire,
- l'ouverture d'une réflexion sur la gestion des ressources stratégiques françaises.



Chaque Comité Stratégique de Filière (CSF) est chargé d'élaborer sa propre feuille de route « économie circulaire » en identifiant les sujets pertinents et en définissant son plan d'actions assorti d'un calendrier de déploiement. Ces engagements volontaires liés à l'«économie circulaire » devront être intégrés dans le contrat de la filière. Un Comité de Suivi a été mis en place par le CNI.

Le CNI a structuré les travaux en 3 étapes :

1. faire un état des lieux,
2. proposer une liste d'actions venant enrichir le contrat de filière,
3. valider différents projets pouvant être qualifiés « Economie Circulaire » selon des critères et indicateurs à définir, en identifiant les projets relevant de plusieurs filières.

Le CNI a proposé la grille suivante comme thématiques de travail :

| | |
|-----------------------------|--|
| Frugalité | Economie des ressources (matières, eau, énergie,..) |
| | Augmentation du taux de recyclage des matières |
| Prévention | Prévention des déchets (quantitative et qualitative – réduction de la toxicité des déchets) |
| | Ecoconception des produits et des procédés Augmentation de la durée de vie des produits Economie de la fonctionnalité, nouveaux business models Incorporation, autant que possible, de matières recyclées dans les produits Investissement dans l'innovation |
| | Réparabilité des produits Réutilisation/Réemploi de matières et de produits |
| | |
| Création de valeur | Aménagement territorial, écologie industrielle Mise en réseau des filières et des entreprises Valorisation des démarches exemplaires |
| Actions de promotion | Promotion, diffusion et pédagogie autour de l'économie circulaire |

1.2 Constitution du Groupe de Travail

Le Groupe de Travail « Economie Circulaire » du CSF Aéronautique a été officiellement lancé lors du CSF Ministériel du 30 juin 2014 même si les travaux avaient déjà démarré. Le Groupe de Travail Economie Circulaire du CSF Aéronautique a été constitué courant 2014 et a donné lieu à 3 réunions plénières du GT (19 mai, 23 septembre, 13 novembre) réunissant :

- le GIFAS (Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales)
- les organisations syndicales représentant les personnels de la filière (CFDT, CFE-CGC, CFTC, CGT, FO)
- les administrations (DGE, DGAC) ainsi que l'ADEME et le BRGM.

Le Président du Groupe de Travail « Economie Circulaire » du CSF Aéronautique est le Président de la Commission Environnement et Développement Durable (CEDD) du GIFAS.



Cette Commission traite de l'ensemble des aspects liés aux activités industrielles en y incluant une approche sur le cycle de vie des produits. Elle est un lieu d'analyse et de proposition des orientations de la profession et permet de renforcer la coordination des entreprises du secteur. La CEDD s'appuie sur des Groupes de Travail opérationnels sur des sujets comme REACH, les bilans d'émissions de gaz à effet de serre des entreprises, la mise en œuvre de l'éco-conception.

Le présent document fait le point sur les données recueillies au sein du Groupe de Travail concernant les travaux actuels et les données connues.

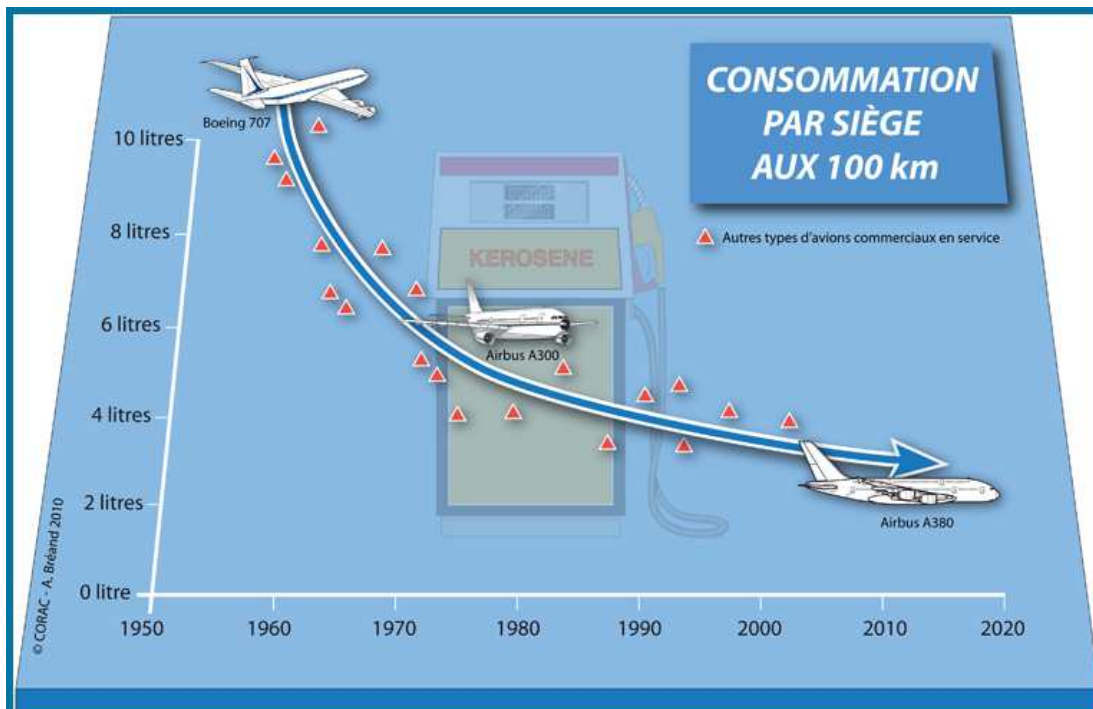
En 2015, en fonction des travaux préconisés dans la **Feuille de Route, en cours d'élaboration**, les travaux seront enrichis notamment avec un recueil des bonnes pratiques.

1.3 Rappel des travaux sur l'empreinte environnementale de la filière

En préambule, nous souhaitons rappeler que la filière industrielle aéronautique travaille depuis longtemps à améliorer de façon continue son empreinte environnementale, dans une double logique d'économie des ressources énergétiques fossiles et de maîtrise de l'impact environnemental, soit dans le cadre d'initiatives individuelles, soit de programmes nationaux et européens (CORAC, Cleansky, ...) rassemblant les acteurs du secteur.

L'industrie aéronautique est un secteur historiquement marqué par une exigence continue d'innovations et de progrès technologiques. Les enjeux environnementaux s'inscrivent naturellement dans cette démarche, en parallèle avec les objectifs de sécurité des vols.

Depuis cinquante ans, les progrès accomplis portent sur une diminution des niveaux de bruit, de la consommation de carburant et des émissions d'oxydes d'azote. Grâce aux efforts portés simultanément sur la motorisation, la masse et la forme des avions, ainsi que sur la gestion optimisée des différentes phases de vol et des trajectoires, la **consommation en carburant, par passager et par km, a été réduite en 50 ans d'un facteur proche de 5, diminuant en proportion les émissions de CO₂**. Ainsi, la consommation moyenne de l'A380 est d'environ 3 litres /passager/100 km. *Voir figure ci-dessous :*



Même si aujourd’hui le transport aérien ne représente que 2% du total des émissions de CO₂ d’origine humaine, l’objectif de la profession est de stabiliser puis de faire décroître ce taux, malgré l’augmentation du trafic aérien qui devrait doubler d’ici à vingt ans. *Voir tableau:*

| | Nombre d’avions commerciaux | | Nombre d’avions cargos | |
|----------------|-----------------------------|--------|------------------------|-------|
| 2014 | 16855 | +17963 | 1605 | +1040 |
| Prévision 2033 | 34818 | | 2645 | |

Perspective d’évolution du nombre d’avions (selon AIRBUS Global Market Forecast 2014)

Le **CORAC** (COnseil pour la Recherche Aéronautique Civile) créé en juillet 2008, à partir d’engagements pris fin 2007 lors du «Grenelle de l’Environnement », regroupe sous l’impulsion de la DGAC et du GIFAS, tous les acteurs français impliqués dans l’aéronautique civile : industriels constructeurs, compagnies aériennes, aéroports, services de la navigation aérienne, GIFAS, instituts de recherche, services de l’Etat (Recherche, Défense, Industrie, Aviation civile) et est présidé par le Secrétaire d’Etat aux Transports.



Le rôle du CORAC est de définir et de mettre en œuvre des actions de recherche et d’innovation technologiques, afin d’atteindre les objectifs environnementaux du secteur fixé au niveau mondial pour 2050 tout en renforçant la compétitivité du secteur.

Les membres du CORAC ont proposé et réalisé des démonstrateurs technologiques dans le domaine des aérostructures, de la propulsion, de l’avionique, de la gestion de l’énergie bord permettant de réduire significativement l’empreinte environnementale des futurs aéronefs.

Le CORAC s’est inspiré du modèle européen ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) qui a fixé un agenda stratégique à **l’horizon 2020, pour les nouveaux avions, avec comme objectifs :**

- **Une réduction de 50% des émissions de CO₂,**
 - Une réduction de 80% des émissions de NO_x (oxydes d’azote) pour les polluants locaux,
 - Une réduction de 50 % du bruit perçu.
- par rapport l’année 2000.

Les objectifs environnementaux d'ACARE prévoient **pour 2050, une réduction de 75% des émissions de CO₂ par passager-km**, par rapport à une référence année 2000.

C'est dans cette perspective que s'inscrivent les travaux de **Clean Sky**, le plus grand programme de recherche jamais mis en œuvre par l'industrie européenne en concertation avec la Commission Européenne (CE).

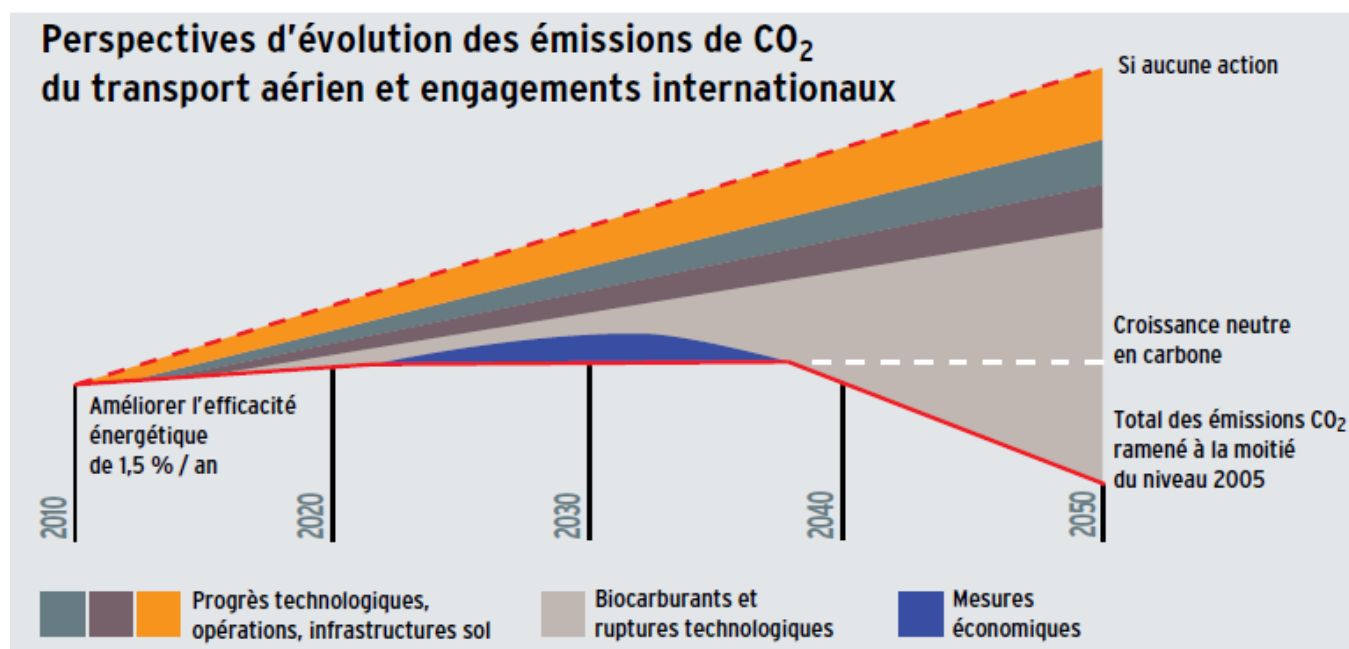


Le programme Clean Sky, lancé en 2008 et poursuivi en 2014 (Clean Sky 2) dans le cadre du programme H2020 de la CE, associe tous les acteurs (avionneurs, motoristes, équipementiers) pour le développement et l'intégration de technologies visant à réduire l'empreinte environnementale des futurs appareils. Clean Sky inclut notamment tout un volet « Eco-design ».

Les entreprises françaises du secteur aérien ont soutenu en 2009, au moment de la Conférence Climat de Copenhague, les engagements présentés par leurs associations internationales :

- **améliorer l'efficacité énergétique de 1,5% par an d'ici 2020,**
- **stabiliser le volume de CO₂ émis par le transport aérien à partir de 2020 puis le diviser par 2 en 2050 par rapport à son niveau de 2005.**

Le transport aérien a été le seul secteur à s'être engagé de la sorte, au niveau mondial.



Le développement durable de notre industrie passe par une réduction maîtrisée des impacts environnementaux, **depuis la conception, la fabrication, l'utilisation, jusqu'à la fin de vie des produits.**



L'économie des ressources et plus largement l'économie circulaire, bien que ce vocabulaire soit récent, sont des thématiques essentielles pour notre secteur mise en œuvre de longue date, compte tenu de ses spécificités sectorielles :

- Long cycle de conception et développement,
- **Longue durée de vie en service** (25 ans voire plus dans certains cas),
- Obligation de **sécurité, de traçabilité et de maintenance** imposant une qualification des matériaux, technologies, des fournisseurs et certification des produits,
- Petites séries¹ avec aménagement cabine spécifique,
- Des milliers de composants et équipements, avec de longues chaînes internationales d'approvisionnement.

Une fois fabriqués et mis en service, les appareils subissent régulièrement des opérations de maintenance :



- la cabine peut être entièrement revue,
- la motorisation peut être changée au cours de chantiers de réparation ou de maintenance ou à la demande de la compagnie aérienne propriétaire au cours de grande visite,
- des pièces extraites peuvent être pour assurer la maintenance/remise en service d'autres appareils.



Les aéronefs sont retirés du service, une fois le nombre de cycles de vols atteints en fin de vie, ou lorsque après un accident éventuel, l'avion n'est pas techniquement réparable ou les coûts de réparation prohibitifs, ou lorsque l'avion n'est plus rentable à l'exploitation. C'est alors qu'il peut être convoyé vers des **centres dédiés au démantèlement aéronautique.**

¹ 18 500 avions civils de plus de 100 sièges en service dans le monde dont 8000 avions Airbus ; 1000 turbopropulseurs ATR livrés ; plus de 2000 business jet Falcon DASSAULT Aviation en opération

2. FRUGALITE

2.1 Economie de ressources

Réduire les quantités de matières et de ressources employées permet généralement non seulement de limiter l'empreinte environnementale mais également de réaliser des économies substantielles. Il s'agit d'une **approche d'éco-efficacité réconciliant Economie et Environnement**.

C'est la raison pour laquelle la plupart des grandes sociétés du secteur se sont naturellement doté de démarches volontaristes et fixé des objectifs souvent ambitieux de réduction sur leurs sites industriels de la consommation d'énergie, d'eau, et de déchets.

L'amélioration continue des performances environnementales des diverses organisations du secteur est généralement soutenue par des **systèmes de management de l'environnement** (avec une certification généralement ISO 14001) et des programmes d'actions dédiés sont mis en place.

Par ailleurs, la réduction de l'utilisation des ressources ou la limitation des rejets est imposée ou encouragée au titre de certaines dispositions réglementaires

- **L'article 75 du Grenelle 2** impose aux sociétés de plus de 500 personnes la réalisation d'un bilan de gaz à effet de serre et la publication d'une synthèse des plans d'actions permettant notamment de réduire les émissions de CO₂ associées à la consommation énergétique des assujettis.
- **L'art. 225 du Grenelle 2** concernant la RSE des entreprises, impose aux sociétés de plus de 500 salariés d'éditer un rapport de gestion avec des données de type social, environnemental et sociétal. L'une des catégories environnementales concerne l'« **Utilisation durable des ressources** » avec :
 - la consommation d'eau et l'approvisionnement en eau en fonction des contraintes locales ;
 - la consommation de matières premières et les mesures prises pour améliorer l'efficacité dans leur utilisation ;
 - la consommation d'énergie, les mesures prises pour améliorer l'efficacité énergétique et le recours aux énergies renouvelables.
- Les sociétés de plus de 250 personnes vont être assujetties également à la nouvelle obligation réglementaire concernant **l'audit énergétique** à partir de décembre 2015.

Il convient de souligner toutefois que les indicateurs utilisés pour suivre les efforts de réduction sont souvent différents et adaptés aux typologies d'entreprises. Il n'est donc pas possible de comparer entre elles diverses sociétés, y compris au sein d'un même secteur car :

- les activités liées au secteur aéronautique sont variées (ingénierie au sein de bureaux d'études, fabrication de pièces primaires, traitement de pièces, petits équipements, assemblage final, mécanique, électronique, réparations,). Certaines sociétés travaillent pour plusieurs secteurs (ex : aéronautique/ automobile).



- la réduction de consommation (eau, énergie, ...) peut être exprimée selon les sociétés avec différents référentiels : par salarié, par unité de surface, par unité de production, en fonction du chiffre d'affaires ou de la valeur ajoutée, ou en valeur absolue. Elles dépendent du périmètre et des modes de de consolidation choisis.

Recommandations

- Les entreprises doivent se fixer des objectifs pluriannuels mesurables et réalistes pour démarrer, en fonction de leur activité. *Dans cette perspective, il pourrait être intéressant de proposer pour la filière des indicateurs de suivi -type pertinents et pérennes.*
- Les entreprises doivent organiser un processus de collecte, de validation/vérification (et consolidation si plusieurs sites) des données à l'aide d'outils adaptés. Il convient d'utiliser des référentiels internationaux de reporting.
- Si un système de management est mis en œuvre au sein de l'entreprise, il convient d'intégrer ces paramètres dans le processus d'amélioration continue (qualité, environnement, excellence industrielle, ...).
- La consommation énergétique doit être intégrée dans le dimensionnement et le choix des équipements.
- Analyse des synergies possibles entre acteurs (industriels, institutionnels/collectivités) d'un même territoire,
- Une sensibilisation/formation des personnels est à prévoir.

2.2.1 Energie

Bonnes pratiques :

- Eclairage,
- Bureautique, informatique,
- Chauffage, équipements/systèmes liés aux procédés -> intégration de l'«efficacité énergétique » comme critère dimensionnant,
- Isolation, cartographie IR,
- Labels de construction, valorisation et incitation grâce aux Certificats d'Economie d'Energie (CEE),
- Système de management de l'énergie, audits énergétiques,
- Synergie territoriale (écologie industrielle),
- Recours aux énergies renouvelables (chaudière biomasse, solaire thermique, géothermie)
- Examiner l'intérêt de rénovation d'un parc immobilier très ancien,
- Sensibilisation des personnels, chasse au gaspillage.

Ainsi au moment de l'achat d'équipements, il est possible de recourir à l'utilisation de critères consommation/efficacité ; mais il convient de manipuler avec précaution la notion consommation / empreinte environnementale globale notamment pour les produits (ex : panneaux solaires....).

Exemples :

- THALES : -14% entre 2008 et 2012 ; expérimentation GREEN IT (réduction de l'empreinte écologique des matériels informatiques et des équipements/systèmes d'information : onduleurs de nouvelle génération, optimisation des parcs informatiques permettant parfois plus de 10% de réduction de consommation d'énergie), guide d'économie

- d'énergie pour l'ensemble des salariés, remplacement d'équipements consommateurs, régulation des températures/horaires ;
- DASSAULT AVIATION : - 20 % en 10 ans → Optimisation des consommations industrielles par le remplacement des chaudières, déploiement de Gestion Technique des Énergies (GTE), isolation des bâtiments, acquisition de véhicules électriques ;
 - SAFRAN : Réduction des consommations d'électricité et de gaz (-27% en 5 ans) par salarié malgré l'augmentation de l'activité ;
 - AEROLIA –Sites de Méaulte et Saint-Nazaire :
 - o mise en place d'un système de gestion des éclairages en fonction de la luminosité et/ou des activités dans certains bâtiments,
 - o mise en place de systèmes de récupération de chaleur sur les compresseurs.
 - MAPAERO : PME basée en Ariège. spécialisée dans la production de peintures aéronautiques, Extension en 2011 du site de production : La toiture est équipée en panneaux photovoltaïques et de puits géothermiques installés pour le chauffage et la climatisation du bâtiment ;
 - Air France Industries : le bâtiment HQE « Constellation » à Orly de 11 000 m², dédié à la révision des moteurs, est équipé notamment d'une pompe à chaleur, d'un récupérateur d'eau de pluie, d'un chauffe-eau solaire et d'un parterre de plantes absorbant les odeurs d'huile à l'intérieur de l'atelier. → - 30 % d'énergie de moins qu'un bâtiment classique.
 - AIRBUS : Mise en place d'une organisation de management de l'énergie, avec des correspondants dédiés dans chaque site. Ramené au chiffre d'affaire et sur un iso périmètre, une réduction en moyenne de 33% de la consommation énergétique depuis 2006 sur l'ensemble des sites européens a été atteinte ; en particulier :
 - o Construction du hall d'assemblage de l'A350 (superficie de plus de 300 terrains de tennis) 10 000 m³ de matériaux issus du site ont été recyclés et la toiture a été recouverte de 22 000 m² de panneaux photovoltaïques produisant l'équivalent de 55 % de l'électricité du hall.
 - o Mise en place de roues enthalpiques sur les installations de cabines de peinture.
 - o Construction du nouveau site d'AIRBUS Group à Toulouse : il répondra aux critères de la certification BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), référence mondiale pour la construction durable avec l'objectif de dépasser de 40 % la performance de la réglementation thermique RT 2012. Les bâtiments bénéficieront d'air conditionné et de chauffage produits grâce à la géothermie à partir de 140 forages de 250 m de profondeur.

2.1.2 Eau

Bonnes pratiques:

- Chasse aux fuites,
- Rénovation des réseaux,
- Elimination des installations à circuit ouvert,
- Remplacement d'équipements fortement consommateurs,
- Changement des procédés de production,
- Recyclage des eaux industrielles,
- Limitation des arrosages des espaces verts,
- Récupération des eaux pluviales et industrielles,
- Sensibilisation des personnels.

Exemples

- THALES : consommation d'eau réduite de moitié en France entre 2007 et 2012 ;
- DASSAULT AVIATION : de 700 milliers à 150 milliers de m³ en 10 ans (- 80%) ;
- AIRBUS : depuis 2006 - réduction de 65,7 % (rejets aqueux industriels) et - 49 % (consommation) – valeur normalisée ramenée au chiffre d'affaire et à iso- périmètre ;
- AEROLIA : consommation d'eau réduite de -40% sur les 15 dernières années sur le site de Saint-Nazaire et de -90% sur les 25 dernières années sur le site de Méaulte ;
- Air France Industries
 - o Lavage des moteurs : procédé d'entretien optimisé → réduit la consommation de carburant et les émissions de CO₂. L'eau utilisée est récupérée pour être recyclée.
 - o Lustrage des avions : procédé de chiffonnage EcoShine® (développé avec UUDS) utilisant un produit biodégradable et recyclé, permettant de diviser par 100 la consommation d'eau nécessaire au nettoyage d'avion standard. L'ensemble des avions de la flotte Air France à CDG et Orly sont nettoyés avec ce procédé, économisant ainsi 8 Ml/an et 57 t CO₂/an (pénétration dans l'air optimale).



2.2 Augmentation du taux de recyclage des matières

Recommandations :

- Récupération et nettoyage des copeaux ;
- Optimisation du tri des déchets et suivi amélioré pour les matériaux métalliques/bois/papier/plastiques, etc... avec étiquetage facile et compris ;
- Optimisation des filières de recyclage ;
- Réduction des substances dangereuses et autres substances limitant la recyclabilité des matières et des produits.
- Conception de certains équipements pour un meilleur démantèlement en fonction des filières disponibles et à promouvoir.

Exemples :

- THALES : dans le monde, le taux de valorisation des déchets atteint 82% et 56% des déchets sont recyclés ;
- DASSAULT AVIATION :
 - o Mise en place d'une « centrale » de récupération et nettoyage des copeaux métalliques.
Après usinage, plus de 80% de l'aluminium consommé est réinjecté dans le circuit de recyclage des métaux (filière R4)
 - o Taux de recyclage 85% (45% métaux, 26% bois/carton/papier du total recyclé), 67% des métaux approvisionnés finissent en déchets recyclés ;
- INVENTEC : Recyclage in situ chez Aerolia de solvants haute pureté pour le nettoyage des conduites oxygène ;
- Air France Industries : Mise en place du programme SCRAP visant à récupérer les métaux des pièces aéronautiques usagées afin de fabriquer de nouvelles pièces ou de valoriser certains éléments en bon état → mise en place d'un système de collecte, de tri, de nettoyage et de réutilisation des matériaux. → traitement de 27 tonnes d'acier et d'alliages aéronautiques en 2010-11 permettant d'utiliser 40 % de nickel recyclé par tonne

de nickel fabriqué. → source de revenus (augmentation du cours du nickel) + bilans environnementaux (l'extraction /fabrication d'une tonne de nickel sans revalorisation génèrent 5,3 tonnes de CO₂, et 3,9 tonnes avec 40% de recyclage) ;

- CONSTELLIUM : L'aluminium, encore largement utilisé dans les avions, est 100% recyclable, sans perte de propriétés. Le processus de recyclage permet des économies d'achat de matière première et des économies d'énergie significatives. L'aluminium des alliages aéronautiques de Constellium est à 77% issu du recyclage. Après 10 années de R&D, la technologie AIRWARE™ à haute performance de Constellium pour le secteur aéronautique pour l'avion du futur propose une boucle fermée de recyclage tout au long de sa chaîne de production et d'exploitation des pièces produites ;
- Aubert & Duval (Aciers spéciaux et Superalliages base Nickel aéronautiques, Aérostructures, Moteurs, Equipementiers, trains d'atterrissages) :
 - o recycle ses propres chutes, et achète sur le marché des chutes massives d'aciers alliés et superalliages qui contiennent de éléments d'alliage nobles (Nickel, Molybdène, etc...).
 - o établit des accords avec les Clients pour la réexpédition directe vers l'usine des chutes et des copeaux d'usinage, pour minimiser les achats sur le marché, en particulier dans le cas de nuances d'aciers très chargées en éléments d'alliages onéreux et pouvant être amené à se raréfier.



Ce sont des « **matières premières secondaires** », en fait des chutes industrielles soigneusement triées et sélectionnées qui sont remises au four pour élaborer le même alliage, on une autre nuance de la même famille métallurgique. Cette pratique de l'économie circulaire directe est très développée avec certains clients depuis longtemps, moins avec d'autres, mais progresse régulièrement. Elle est très intéressante lorsqu'il y a 1) des volumes importants 2) des nuances d'aciers contenant des proportions élevées de métaux onéreux (comme l'acier « Maraging » avec 18% de nickel, 8% de Cobalt et 5% de Molybdène.) Elle est systématiquement intéressante pour les Superalliages base Nickel.

→ *Axes de progrès* :

- o encourager à systématiser les dialogues entre le Client et l'élaborateur pour évaluer l'intérêt économique de la reprise directe des chutes et des copeaux.
 - o en usinage, prendre les dispositions dans les usines pour ne pas mélanger les chutes et les copeaux des familles de métaux incompatibles. **Ne pas considérer le copeau comme un déchet, mais comme une matière première secondaire, valorisable.**
- Aubert & Duval: projet **ECOTITANIUM avec le soutien de l'ADEME**
On ne peut pas utiliser les fours classiques qui servent à l'élaboration primaire. Il est nécessaire de disposer de fours spécifiques pour les alliages de titane aéronautiques du type TA6V (alliage de titane avec 6 % d'Aluminium et 4 % de Vanadium, le plus largement utilisé en aéronautique). Il n'y a pas encore d'installation en Europe pour permettre ce recyclage. Aubert & Duval et sa filiale UKAD ont lancé récemment le projet ECOTITANIUM, avec le soutien de l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir. Il s'agit de **construire en Auvergne une nouvelle usine**, avec un grand four de fusion de chutes et de copeaux de TA6V, avec chauffage par plasma d'hélium et creuset froid, et d'organiser en amont la collecte, le nettoyage et le conditionnement des chutes et copeaux aéronautiques, pour en faire des lingots du même alliage, de qualité aéronautique, directement utilisables pour les forger en barres et pièces de haute qualité.

3. PREVENTION

3.1 Prévention des déchets

Les déchets générés se répartissent en déchets non dangereux (papier, carton, métaux, ..) et en déchets dangereux (emballages souillés, huiles, boues d'hydroxydes métalliques, solvants, ...).

Plusieurs filières peuvent être utilisées pour le recyclage et la valorisation des déchets : recyclage des métaux, valorisation énergétique, valorisation des matières non métalliques.

Le but est de réduire les déchets d'une part sur la quantité et d'autre part sur la mise en décharge.



Recommandations générales:

- Se fixer des objectifs pluriannuels mesurables et réalistes pour démarrer ;
- Organiser un processus de collecte, validation (et consolidation si plusieurs sites) des données ;
- Si systèmes de management, intégrer ces paramètres /amélioration continue ;
- Travail sur le tri des déchets en recherchant les filières optimales de traitement ;
- Changement de comportement : réduction des impressions papier, réutilisation des emballages, réduction des chutes, amélioration des modes d'usage ;
- Si nécessaire et possible, prévoir des aires dédiées à la collecte et au stockage pour faciliter la gestion des déchets, le regroupement spécifique et éviter les pollutions accidentelles ;
- Réduire l'utilisation de produits dangereux générant des déchets dangereux ;
Substitution chaque fois que cela est possible des produits chimiques dangereux par des substances moins nocives soit pour l'homme, soit pour l'environnement ;
- Identification des flux de déchets pouvant être réutilisés en interne (ex : cartons, ...)
- Travail en amont sur les procédés afin de diminuer la quantité de déchets générés ;
- Utilisation de la fabrication additive (ALM : Additive Layer Manufacturing / Imprimante 3D) pour l'élaboration de pièces avec réduction de la quantité de matière utilisée ;
- Sensibilisation des salariés à la limitation de la production des déchets, à la collecte et au tri.

Exemples :

- CONSTELLIUM, AEROLIA, ... : Substitution de l'usinage chimique par de l'usinage mécanique : réduction des déchets et recyclage facilité ;
- INVENTEC : Revalorisation du SF₆ (dont le pouvoir de réchauffement global est très élevé 23 000 supérieur à celui du CO₂) utilisé dans les disjoncteurs Moyenne et Haute tension, ce qui permet de :
 - o diminuer les énergies considérables utilisées pour détruire et produire ce produit fluoré
 - o réutiliser le produit dans la même application en éliminant tout risque de toxicité par des produits de décomposition suite à des arcs électriques ;
- RATIER-FIGEAC : recyclage en interne de ses déchets de cartons pour remplacer les mousses de calage de ses produits (cf fiche ADEME- Entreprises témoins : Réduction & Recyclage des déchets) ;

- THALES : -30% de réduction par personne pour les déchets non dangereux entre 2008 et 2012. 70% des déchets sont triés (contre 27% en 2007). Tous les sites en France sont dotés d'une aire déchets dédiée répondant à un cahier des charges spécifique ;
- SAFRAN : Réduction régulière des déchets mis en décharge et augmentation des déchets recyclés (80%) ;
- DASSAULT AVIATION : -40% d'émissions COV en 10 ans ;
- AIRBUS : Depuis 2006 réduction de 38% de la production de déchets et de 47,2% en déchets non recyclés; - Réduction de 51 % en émissions de Composés Organiques Volatils (Solvants....) ;
- Air France Industries : Tri des déchets : en 2013, 59% des 5 643 tonnes de déchets produits (dangereux et non dangereux confondus) ont été valorisés ; également :
Exemple de la revalorisation des gilets de sauvetage afin de donner une seconde vie à la matière, d'éviter la destruction anticipée et les coûts de destruction, tout en finançant la confection des trousseaux auprès d'un ESAT (établissement et service d'aide par le travail).

3.2 Écoconception, durée de vie, économie de la fonctionnalité, ...

Le CNI a demandé dans cette catégorie d'examiner les thèmes de :

1. l'écoconception des produits et des procédés,
2. l'augmentation de la durée de vie des produits,
3. l'économie de la fonctionnalité, nouveaux « business models »,
4. l'incorporation, autant que possible, de matières recyclées dans les produits,
5. l'investissement dans l'innovation.

■ Sur le point Eco-conception des produits

- **Le volet R&D** est très important pour l'aéronautique (nouveaux matériaux, nouvelles architectures pour réduire le poids et la taille, optimisation de l'efficacité énergétique) → Ces travaux sont menés en particulier dans le cadre du **CORAC** (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile) en France et de CLEAN SKY : voir § Introduction de ce document. Grâce à la R&D, en 50 ans, l'aéronautique a réalisé des progrès considérables sur la consommation de carburant, les niveaux de bruit et des émissions d'oxydes d'azote.

Dans le cadre de ce GT « Economie Circulaire », on ne traitera pas ce volet, sachant par ailleurs qu'un point sur les travaux du CORAC est fait lors des réunions plénières du CSF aéronautique et que l'action 1 du Contrat de Filière concerne la poursuite des efforts d'innovation avec le lancement de la 2^{ème} vague des plateformes de démonstration issues de la feuille de route technologique du CORAC.

Pour mémoire, une 1^{ère} série de démonstrateurs validant l'intégration des technologies de la feuille de route dans des architectures novatrices a été lancée avec les plateformes suivantes :

- Avion du futur composite,
- Propulsion du futur,
- Avion plus électrique,
- Avionique modulaire étendue,
- Cockpit du futur,
- Hélicoptère du futur.



Ces démonstrateurs ont été conçus pour couvrir l'ensemble des problématiques

essentielles à la compétitivité, à la réduction de l'impact environnemental et aux exigences croissantes de sécurité et de fiabilité pour les futures générations d'aéronefs (2015-2025). Avec plus de 200 PME et ETI partenaires (c'est-à-dire co-investissant dans les projets), ces opérations d'envergure préparent l'avenir de toute la filière et au-delà. Plus largement, les démonstrateurs donnent lieu à une large sous-traitance dans le tissu des PME et ETI, avec plus de 350 PME impliquées dans ce cadre. Cette dynamique a permis de créer plusieurs centaines d'emplois, en plus de ceux créés dans la filière.

Intégrer l'environnement dans la conception des produits est aujourd'hui un véritable et indispensable **levier d'innovation**.

▪ Sur le point Eco-conception des procédés

La prise en compte de la minimisation de la consommation d'énergie et des ressources (matières, eau,..), des niveaux d'émissions dans les différents milieux lors de la conception des nouveaux procédés de fabrication, de réparation ou de maintenance est aujourd'hui un critère de dimensionnement des choix technologiques et industriels.

Exemples :

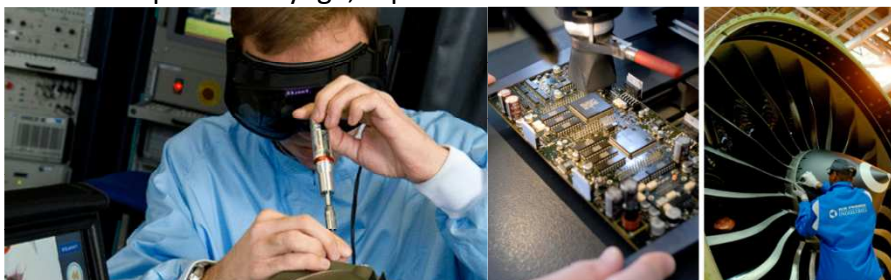
- DASSAULT AVIATION : la modernisation du parc de machines et les changements de procédés ont permis de réduire significativement les consommations de produits chimiques utilisés tels que les solvants, les produits lessiviels et les fluides de coupe ;
- GACHES Chimie : lingettes de nettoyage pour AIRBUS ;
- THALES : remplacement des tours aérofrigorantes, très consommatrices d'eau, pour le refroidissement des équipements, par des systèmes air/air.

Le secteur substitue chaque fois que cela est possible, les **produits chimiques les plus préoccupants** soit pour l'homme, soit pour l'environnement et des programmes massifs d'investissements pour développer par exemples des procédés de traitements de surface sans chromates (en remplacement de l'OAC (Oxydation Anodique Chromique) ou des dépôts de Chrome ou de Cadmium) ont été engagés. Les eaux de rinçage en boucle ouverte ont été progressivement supprimées pour les remplacer par des circuits fermés avec en filigrane le principe de zéro rejet.

▪ Sur l'augmentation de la durée de vie des produits :

Le secteur a des spécificités sectorielles incluant une **longue durée de vie des produits** (pouvant aller jusqu'à 50 ans).

En fin de vie d'un avion, plus d'un millier d'équipements sont démontés. Le moteur et ses composants sont, avec le train d'atterrissage et les équipements électroniques, les pièces facilement revendues après nettoyage, réparation et re-certification.

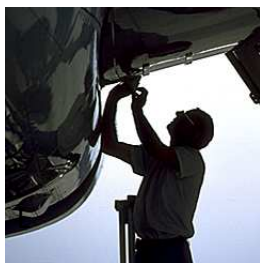


▪ Sur les nouveaux business models /l'économie de fonctionnalité:

- TARMAC AEROSAVE : stockage, maintenance et de démantèlement d'avions ; voir plus loin (§4) ;
- SNECMA-Groupe SAFRAN : globalisation de l'offre moteurs et services (offre intégrée permettant d'offrir un service complet, depuis la fourniture du moteur jusqu'à sa fin de vie) ; Nota : Les moteurs sont achetés directement par les compagnies aériennes et non par l'avionneur.
- Location avions : un grand nombre d'avions en service dans le monde appartient désormais aux entreprises de location-bail (*leasing*) : GECAS avec plus de 1600 avions, ILFC avec plus de 1000 avions, ALC, ... Les compagnies aériennes déboursent ainsi moins d'argent et peuvent renouveler leur flotte plus souvent, avec des modèles d'avion plus économes en kérosène. A l'issue de leur location, les compagnies aériennes peuvent soit racheter l'appareil, soit étendre la période de leasing, soit le rendre au loueur. Les compagnies aériennes restent responsables de la maintenance de leurs avions loués.
- THALES : Emploi accru de simulateurs par les opérationnels pour économiser des vols réels ;
- AIRBUS : design permettant une flexibilité de la cabine avec des reconfigurations rapides (passagers, fret par ex) ;
- CONSTELLIUM : technologie AIRWARE™ à haute performance pour le secteur aéronautique proposant une boucle fermée de recyclage tout au long de sa chaîne de production et d'exploitation des pièces produites ;
- Aubert& Duval : projet ECOTITANIUM, avec le soutien de l'ADEME dans le cadre du PIA (Programme d' Investissements d'Avenir).



3.3 Réparabilité et Réutilisation/Réemploi de matières et de produits



Le secteur a des spécificités sectorielles incluant la **maintenance et le service aux clients**.

Dans notre industrie, priorité est donnée à la réparation plutôt qu'à des échanges standard.

L'aéronautique civile impose des règles aux organismes qui entretiennent les aéronefs ou les équipements d'aéronefs. Ainsi en Europe, il leur faut appliquer des réglementations d'entretien, en particulier le Part 145 pour obtenir un agrément par la DGAC (en France) et pour pouvoir délivrer un certificat de navigabilité (EASA Form1) pour les équipements réparés ou révisés.

Un avion est en permanence inspecté, contrôlé et entretenu durant toute sa durée d'exploitation. Les inspections sont de diverses natures : inspection visuelle, inspection en profondeur par des procédés spécifiques, test simple de calculateurs, test complexe (essai moteurs par exemple). A ces inspections s'ajoutent des tâches d'entretien comme la lubrification de divers mécanismes ou le remplacement de filtres sur les systèmes de l'avion, ce qui est communément appelé « Servicing ». Les contrôles ou inspections peuvent donner lieu à des réparations, remises en état ou remplacements de matériels conformément aux manuels et documents des constructeurs. Toutes ces tâches sont répertoriées dans un manuel d'entretien qui définit les actions à effectuer et leur périodicité. Ces opérations sont regroupées par « Visites » qui nécessitent d'arrêter l'avion plus ou moins longtemps selon des périodicités bien définies.

Exemple : programme d'entretien des A330 Air France

tous les jours : visite « DAILY » ; toutes les semaines : Visite « WEEKLY » ; toutes les 800 heures de vol (environ deux mois -Visites « A » ; tous les 21 mois : Visites « C » ; tous les 6 ans : Visite IL de grand entretien ; tous les 12 ans : Visite D de grand entretien. Toutes ces visites sont indépendantes les unes des autres et leur intervalle doit être respecté. La durée d'immobilisation augmente en fonction de l'intervalle et peut aller au-delà d'un mois pour les visites de grand entretien.

Le marché de la maintenance aéronautique ou MRO ("Maintenance, repair and overhaul" ; en français "maintenance, réparations et entretien") représente un marché mondial de plus de 60 Md\$: 40 % pour les moteurs, 22 % pour les équipements, 17 % pour la maintenance en ligne, 15 % pour les cellules, 6% pour les modifications d'aéronefs.

4. CREATION DE VALEUR

Exemples de démarches innovantes et sectorielles :

Economie territoriale : optimisation entre acteurs, travail en symbiose avec d'autres activités

Plusieurs projets phares et innovants ont été initiés et peuvent être soulignés impliquant une mise en synergie d'acteurs aéronautiques et locaux autour de démarche territoriale et d'écologie industrielle visant ultérieurement à une forte création de valeur.

PAMELA : Airbus a lancé, il y a dix ans, avec plusieurs partenaires industriels dont SITA-SUEA, et SOGERMA Services le projet européen PAMELA (Process for Advanced Management of End of Life of Aircraft) pour identifier, parmi différentes techniques de démantèlement et de traitement en fin de vie des avions, celles qui permettraient de maximiser le niveau de recyclage et de valorisation.

TARMAC AEROSAVE : En 2009, la société TARMAC AEROSAVE a été créée avec comme actionnaires AIRBUS, SITA SUEZ, SNECMA (Groupe SAFRAN) et EQUIP'AERO Services. TARMAC AEROSAVE est aujourd'hui la plus grande plateforme en Europe, de stockage, de maintenance et de démantèlement en fin de vie des avions (capacité de 250 appareils). Elle opère ses activités à partir de deux sites (TARBES France et TERUEL Espagne) sous agrément EASA Part 145 pour l'activité de maintenance des avions confiés et certification qualité environnementale ISO 14001, dans le respect des prescriptions réglementaires applicables à ce type d'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE).



Après une étape de dépollution et mise en sécurité de l'appareil (élimination des différents fluides, purge du carburant,...) les matériaux et autres équipements sont soigneusement extraits de l'avion (déconstruction) et regroupés dans des bennes constituées de matériaux/équipements homogènes pour ensuite être dirigés le moment venu vers les filières appropriées de traitement (DEEE, ...).

Aujourd'hui grâce aux process mis en place, **90% des matériaux /équipements de l'avion est recyclé ou valorisé.**

Au cours des 5 dernières années, TARMAC AEROSAVE a stocké et entretenu plus de 160 avions et démantelé environ 50 avions civils. Le site emploie de l'ordre de 70 personnes pour un chiffre d'affaires de l'ordre de 12 M€ dont seulement 20% est lié à l'activité de démantèlement.

D'autres constructeurs comme Boeing ont choisi de ne pas disposer de plateforme dédiée mais de promouvoir un réseau d'échanges de pratiques entre opérateurs notamment avec l'AFRA (Aircraft Fleet Recycling Association).

En France, on note également le site de Châteauroux, exploité par Bartin Aero Recycling, filiale de VEOLIA Propreté, spécialiste de la collecte et de la valorisation de déchets d'industries, mais sans adossement spécifique avec un constructeur aéronautique français.

Au niveau européen, cette activité s'est développée assez rapidement et plus spécifiquement :

- en Grande-Bretagne et Irlande (Air Salvage International, SYCAMORE Aviation, ECube, EIRTech) ; plus récemment en Janvier 2014 à Norwich en GB (avec KLM – UK Engineering filiale de AIR France INDUSTRIES & KLM Engineering & Maintenance pour démanteler des B737, A320, FOKKER 50/70/100 et BAé 146 (AVRO RJ) ;
- aux Pays-Bas (AELS avec Fokker Services).

Au cours des vingt prochaines années (2014-2033), le trafic passager va croître de 4,7% par an et la flotte d'avions passagers et cargo (100 places et plus) va croître de 18 500 avions aujourd'hui à 37 500 d'ici 2033, soit une augmentation de près de 19.000 appareils. Environ 12 000 avions passagers et cargo plus vieux et moins performants en termes de consommation seront retirés de la circulation, d'après la dernière étude AIRBUS (Global Market Forecast- Sept 2014). Seule une partie de ce marché de démantèlement pourra être captée par l'Europe et la France, les flottes étant réparties sur l'ensemble des régions du globe, avec une émergence des marchés asiatiques et du moyen orient.

Autres exemples de création de valeur :

- Etude de faisabilité d'un **Parc de Regroupement de Dérivés Industriels (PRDI)** : Projet piloté par AEROLIA, soutenu par l'ADEME et le Conseil Régional de Picardie, avec co-financement et accompagnement de l'ensemble des partenaires autour d'AEROLIA sur MEAULTE (FIGEAC AERO, IndustriLab, Laroche Industries, Blondel Aero, Thyssen Krupp, SPI...). Le projet vise à mutualiser un service de gestion déléguée des déchets au niveau de la ZAC de l'Aéropôle de Picardie avec une recherche de synergies potentielles pour les déchets.
- Etude de faisabilité **Synergie Ecologie industrielle sur la plateforme Aéronautique/aéroportuaire de Saint Nazaire Donges** : ici, l'écologie industrielle et territoriale vise à optimiser les cycles de matières et d'énergie en créant des synergies entre industriels, les déchets de l'un devenant par exemple la matière première secondaire de l'autre, ou bien en mutualisant des services... Les zones industrialo-portuaires, notamment par leur concentration et diversité d'activités, constituent des terrains particulièrement propices à la mise en œuvre de synergies industrielles et énergétiques. De plus en plus de territoires portuaires intègrent cette approche innovante de gestion de leurs ressources et déchets, y voyant un facteur d'attractivité non négligeable. Nantes Saint-Nazaire Port et Saint-Nazaire Agglomération (CARENE) ont lancé un projet d'écologie industrielle sur la zone portuaire aval, c'est-à-dire de la zone industrielle allant de la raffinerie Total (à l'est) à Saint-Nazaire (à l'ouest). Cette étude est réalisée avec une forte implication d'Aerolia, avec le soutien de la CCI Nantes St-Nazaire, l'ADEME et le Département de Loire-Atlantique, en partenariat avec la Région des Pays de la Loire.
- **Synergie régionale et mobilisation de la filière bois de la région Midi-Pyrénées** autour de la mise en service de 2 chaudières à bois alimentant l'usine A350 d'Airbus Toulouse (6 MW chacune - bois issu à 70% de plaquettes forestières ou broyé en petits morceaux et à 30% de déchets de l'industrie du bois, récupéré sur un périmètre de 80 km).

- **Projet d'une plateforme pour la propulsion propre (PEP) établie dans une logique d'économie circulaire régionale** pour la promotion de « green technologies » (Additive Layer manufacturing, biosourcing...) autour des métiers de la propulsion en s'appuyant sur les compétences académiques, industrielles et institutionnelles de la Région Aquitaine.
- **CONSTELLIUM : Développement d'une filière de recyclage améliorée** permettant une plus grande sélectivité (des alliages métalliques en particulier) et une augmentation de leur valeur au recyclage ;
- **AUBERT & DUVAL : projet ECOTITANIUM ;**
- Initiative **BoostAerospace** : Cela inclut des plateformes d'échanges de données logistiques (AirSupply), collaboratives (AirCollab) et de conception (AirDesign). Le GIFAS soutient cette initiative qui permet de construire une continuité numérique entre les acteurs de la filière et donc une optimisation globale de l'organisation.

5. ACTIONS de PROMOTION

Concernant la promotion, la diffusion et la pédagogie

En attendant le recueil de bonnes pratiques sectorielles sur l'économie circulaire (cf Feuille de route), il existe les documents GIFAS ou CORAC suivants sur l'environnement :



- ✓ Partie "Environnement" de la plaquette GIFAS 2014/2015 de présentation des industries du GIFAS²
- ✓ Brochure Environnement : Cette brochure³ publiée par le GIFAS fait le point sur la mobilisation de l'industrie aéronautique en faveur d'un transport aérien toujours plus respectueux de notre environnement.
- ✓ Base d'indicateurs environnementaux⁴ : Le CORAC s'est attaché à établir une base d'indicateurs de référence complétée d'une série d'infographies facilitant la compréhension des enjeux spécifiques aux questions environnementales dans l'aéronautique.
- ✓ Guide méthodologique sectoriel pour les Bilans d'Émissions de Gaz à Effet de Serre : la loi « Grenelle 2 » impose l'obligation d'éditer un BEGES pour les entreprises de plus de 500 personnes. La Commission Environnement du GIFAS a proposé une approche méthodologique avec des recommandations permettant l'adaptation des exigences aux spécificités sectorielles.
- ✓ Brochure sur les biocarburants aéronautiques⁵ : Le thème des biocarburants aéronautiques étant devenu majeur pour l'avenir du transport aérien, le GIFAS a organisé une exposition lors du dernier Salon du Bourget en 2013. Cette brochure publiée par le GIFAS reprend les éléments scientifiques et pédagogiques de l'exposition.
- ✓ Cycle de rencontres GIFAS avec la presse spécialisée dans l'environnement sur les sites industriels suivants : TURBOMECA, AIRBUS, ATR, THALES, CONSTELLUM.

Des colloques, des séminaires et des expositions ont également été organisés par le GIFAS et par le CORAC.

² https://www.gifas.asso.fr/sites/default/files/video/rapport_annuel_2014_environnement.pdf

³ https://www.gifas.asso.fr/fichiersPDF/Publications/Publications/BROCHURE_ENVIRONNEMENT_FR.pdf

⁴ <http://www.aerorechercheorac.com/faits-chiffres/base-d-indicateurs.html>

⁵ https://www.gifas.asso.fr/sites/default/files/video/brochure_biocarburants_gifas_2013.pdf

Il convient aussi de noter la publication, par les grands Groupes aéronautiques, de rapport Environnement, rapport Développement Durable, rapport RSE ou autres chartes contenant des engagements et des informations sur les bonnes pratiques notamment en matière d'Economie circulaire aujourd'hui mises en œuvre par chacun de ces acteurs.

Des concours dotés de prix substantiels ont été également engagés avec certaines universités pour mobiliser les étudiants à l'éco-conception (cf AIRBUS et FLY YOUR IDEAS) ou des labels internes pour booster l'éco-innovation.

Liste (non exhaustive) des entreprises publiant des engagements et des travaux sur l'Environnement et notamment sur l'économie circulaire :

| | |
|-----------------------|--|
| THALES | https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/thales_2013_corporate_responsibility_annual_report_accede.pdf https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/rapport_environnement_2012.pdf |
| DASSAULT AVIATION | http://www.dassault-aviation.com/fr/dassault-aviation/groupe/environnement/eco-demarche/eco-conception http://www.dassault-aviation.com/fr/wp-content/extra/finance/2014/RAinteractif/rapport-annuel-2013-fr/catalogue/appli.html |
| SAFRAN | http://www.safran-group.com/site-safran-en/commitments/health-safety-environment/environmental-impact/ |
| AIRBUS | http://www.airbusgroup.com/int/en/group-vision/responsibility-and-sustainability.html http://www.airbus.com/company/environment/ http://www.airbus-fyi.com/about |
| Air France Industries | http://corporate.airfrance.com/fr/developpement-durable/environnement-et-climat/reduire-nos-impacts-environnementaux/management-environnemental/ |
| INVENTEC | http://www.inventec.dehon.com/fr/p/protection-des-personnes-et-de-l-environnement/8.html |
| AEROLIA | http://www.aerolia.com/fr/qui-sommes-nous/introduction/greener.htm |
| CONSTELLIUM | http://www.constellium.com/technology-center-fr/actualites/constellium-inaugure-a-issoire-une-fonderie-nouvelle-generation-dediee-a-sa-technologie-airware-r |
| AUBERT & DUVAL | http://www.aubertduval.fr/societe/developpement-durable/environnement.html |
| TARMAC AEROSAVE | http://www.tarmacaerosave.aero/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=123&lang=en |
| ZODIAC AEROSPACE | http://www.zodiacaerospace.com/fr/protection-de-l%E2%80%99environnement |